



LAPORAN TUGAS AKHIR – RF 141501

**PENDUGAAN MUKA AIR LAUT DAN PENGARUH
TERHADAP ZONA KOROSI LOKAL TANAH
BERDASARKAN NILAI RESISTIVITAS TANAH DENGAN
MENGUNAKAN METODE RESISTIVITAS 2D**

STUDI KASUS : PT IPMOMI UNIT 7 DAN 8

RIZAL TAUFIQURROHMAN
NRP – 37 13 100 010

Dosen Pembimbing

Dr. Widya Utama, DEA
NIP. 19611024 198803 1 001

Juan Pandu GyaNurRochman S.Si, M
NIP. 19890612 220150 1 003

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Surabaya 2017

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN



LAPORAN TUGAS AKHIR – RF 141501

**PENDUGAAN MUKA AIR LAUT DAN PENGARUH
TERHADAP ZONA KOROSI LOKAL TANAH
BERDASARKAN NILAI RESISTIVITAS TANAH DENGAN
MENGUNAKAN METODE RESISTIVITAS 2D**

STUDI KASUS : PT IPMOMI UNIT 7 DAN 8

RIZAL TAUFIQURROHMAN
NRP – 37 13 100 010

Dosen Pembimbing

Dr. Widya Utama, DEA
NIP. 19611024 198803 1 001

Juan Pandu GyaNurRochman S.Si, M
NIP. 19890612 220150 1 003

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Surabaya 2017

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN



UNDERGRADUATE THESIS – RF 141501

**PRESUMPTION OF SEA WATER INTERFACE AND IT'S
EFFECT ON SOIL CORROSION ZONE BASED ON THE
VALUE OF RESISTIVITY USING 2D RESISTIVITY
METHOD**

STUDY CASE : PT IPMOMI UNIT 7 AND 8

RIZAL TAUFIQURROHMAN
NRP – 37 13 100 010

Advisor

Dr. Widya Utama, DEA
NIP. 19611024 198803 1 001

Juan Pandu GyaNurRochman S.Si, M
NIP. 19890612 220150 1 003

GEOPHYSICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

PENDUGAAN MUKA AIR LAUT DAN PENGARUH TERHADAP ZONA KOROSI LOKAL TANAH BERDASARKAN NILAI RESISTIVITAS TANAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS 2D

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memenuhi gelar
Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Geofisika
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 25 Juli 2017

Menyetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Widya Utama, Dr. Juan Banda GNR, S.Si, M
NIP. 19611024 198803 0000 NIP. 19890612 220150 1 003

Ketua Laboratorium Geofisika Teknik dan Lingkungan
Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Dr. Ir. Amien Widodo, MS
NIP. 19591010 198803 1 001

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul **“PENDUGAAN MUKA AIR LAUT DAN PENGARUH TERHADAP ZONA KOROSI LOKAL TANAH BERDASARKAN NILAI RESISTIVITAS TANAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS 2D”** adalah **benar hasil karya intelektual mandiri**, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 6 Juni 2017

Rizal Taufiqurrohman

3713100010

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

**PENDUGAAN MUKA AIR LAUT DAN PENGARUH TERHADAP
ZONA KOROSI LOKAL TANAH BERDASARKAN NILAI
RESISTIVITAS TANAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE
RESISTIVITAS 2D**

STUDI KASUS : PT IPMOMI UNIT 7 DAN 8

Nama Mahasiswa : Rizal Taufiqurrohman

NRP : 3713100010

Departemen : Teknik Geofisika – FTSP ITS

Dosen Pembimbing: 1. Dr. Widya Utama, DEA

2. Juan Pandu GyaNurRochman S.Si, MT

Abstrak

Korosi merupakan proses alami yang terjadi disekitar manusia, tidak bisa dihindari bahwa korosi adalah sebuah proses yang menjadi masalah pada kehidupan manusia. Pipa yang ditanam akan terjadi kontak antara pipa dengan tanah yang menjadi lingkungan dari logam yang menyebabkan logam mengalami korosi apalagi lingkungan dari logam tersebut terdapat air yang salinitasnya tinggi atau terdapat pada daerah pantai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dugaan zona intrusi pada daerah penelitian dan mengetahui pengaruhnya terhadap zona korosi lokal. Hasil pengolahan zona intrusi dengan zona korosi dibandingkan dan didapatkan hasil bahwa intrusi air laut dan pasang surut sangat mempengaruhi nilai korosivitas tanah. Tingkat korosivitas sangat tinggi terdapat pada bawah muka air laut yaitu 11.4 *Mils/yr*, korosivitas sedang terdapat pada zona air payau 2.2 *Mils/r* dan korosivitas ringan terdapat pada zona bebas air dengan laju korosi <2.2 *Mils.yr*.

Kata Kunci : korosivitas, lingkungan korosif, *Resistivity*, PT IPMOMI Unit 7&8

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

PRESUMPTION OF SEA WATER INTERFACE AND IT'S EFFECT ON SOIL CORROSION ZONE BASED ON THE VALUE OF RESISTIVITY USING 2D RESISTIVITY METHOD

STUDY CASE : PT IPMOMI UNIT 7 AND 8

Name : Rizal Taufiqurrohman
NRP : 3713100010
Major : Teknik Geofisika – FTSP ITS
Lectures : 1. Dr. Widya Utama, DEA
2. Juan Pandu GyaNurRochman S.Si, MT

Abstract

Corrosion is a natural process that occurs and becomes a problem in human life. The planted pipe which contacts between the pipe and the soil which becomes the environment of the metal, causing the metal to corrode let alone the environment of the metal there is high salinity water or contained in the coastal area. This study aims to presume the intrusion zone in the study area and to know its effect on the local corrosion zone. The results of intrusion zone with corrosion zone were compared and it was found that the intrusion of sea water greatly affected the value of soil corrosivity. High corrosivity is found under the sea interface with 11.4 Mils/yr, moderate corrosivity present in brackish 2.2 Mils/yr brackish zone and mild corrosivity present in the free zone Water with corrosion rate <2.2 Mils.yr

Kata Kunci : *Corrosivity, Corrosion Zone, Resistivity*, PT IPMOMI unit 7&8

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT atas rahmatnya sehingga laporan Tugas Akhir dengan judul **"PENDUGAAN ZONA INTRUSI AIR LAUT DAN PENGARUH TERHADAP ZONA KOROSI LOKAL TANAH BERDASARKAN NILAI RESISTIVITAS TANAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS 2D"** dapat terselesaikan

Pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini saya mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Mariyo , Ibu Betty Widayarsi serta dik M Fatqul Z dan dik BYS Huda yang senantiasa memberikan do'a dan dukungan yang sangat besar selama penulis menjalani kuliah dan pengerjaan Tugas Akhir
2. Bapak Dr.Widya Utama, DEA dan Mas Juan Pandu GyaNurRochman S.Si, M, selaku pembimbing Tugas Akhir
3. Bapak Andie Soegiarto, S.Si selaku *Senior Engineer* dan pembimbing di PT IPMOMI
4. Seluruh Dosen dan Tenaga pendidik Departemen Teknik Geofisika ITS yang telah banyak memberikan ilmu dan bantuan selama penulis melakukan studi di Departemen Teknik Geofisika
5. Teman-teman Teknik Geofisika ITS angkatan 2013 dan Tim Korosi
6. Teman-teman Teknik Geofisika ITS
7. Teman-teman UKM Karate-do ITS dan LMB ITS
8. Semua pihak yang sudah membantu yang tidak dapat dituliskan satu persatu oleh penulis

Semoga Allah membalas semua kebaikan yang sudah dilakukan kepada penulis. Penulis menyadari bahwa laporan karya tulis ini masih banyak perbaikan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan oleh penulis.

Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat membantu dan bermanfaat bagi penulis maupun pembaca

Surabaya, 6 Juni 2017

Rizal Taufiqurrohamn

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

Daftar Isi

LEMBAR PENGESAHAN	vii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	ix
Abstrak	xi
Abstract.....	xiii
KATA PENGANTAR	xv
Daftar Isi	xvii
Daftar Gambar	xix
Daftar Tabel.....	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
BAB II DASAR TEORI	3
2.1 Sifat Kelistrikan Batuan	3
2.2 Aliran Listrik dalam Bumi dan Metode Geolistrik	4
2.3 Konfigurasi Wenner – Schlumberger.....	7
2.4 Korosi.....	8
2.4.1 Pengertian Korosi	8
2.4.2 Syarat Terjadi Korosi	9
2.5 Hubungan Korosivitas Tanah dengan Nilai Resistivitas	10
2.6 Akuifer Air dan Intrusi Air Laut	11
2.7 Pasang Surut Air Laut	13
2.8 Geologi Regional	14
BAB III METODOLOGI	17

3.1 Peralatan Penelitian	17
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	17
3.3 Diagram Alir.....	18
3.3.1 Bagian I.....	19
3.3.2 Bagian II	21
3.3.3 Bagian III.....	21
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Analisis Data	23
4.1.1 Analisis Data Lintasan 1	23
4.1.2 Analisa Data Lintasan 2	24
4.1.3 Analisa Data Lintasan 3	25
4.1.4 Analisa Data Lintasan 4	26
4.2 Analisis Data Pasang Surut.....	29
4.3 Pembahasan <i>Interface/</i> Muka Air Laut	31
4.4 Pembahasan Lingkungan Korosif	34
4.5 Peletakan Anode	37
BAB V PENUTUP.....	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran dan Manfaat	39
Daftar Pustaka	41
LAMPIRAN.....	43
TENTANG PENULIS.....	55

Daftar Gambar

Gambar 2.1 Teorema Gauss (Geocis,2015)	5
Gambar 2.2 Arah penjalaran arus dengan injeksi di dalam bumi (Geocis, 2015).....	6
Gambar 2.3 Arah penjalaran arus dengan dua titik injeksi di permukaan bumi .	6
Gambar 2.4 Konfigurasi Geolistrik (Loke dan Barker, 1996)	8
Gambar 2.5 Peta geologi daerah penelitian (Pendowo dan Samudra, 1997)	15
Gambar 2.6 Penampang geologi dari cross-section CD.....	16
Gambar 3.1 Lokasi penelitian tugas akhir	17
Gambar 3.2 Desain Akuisisi Pengukuran	20
Gambar 3.3 Lokasi data pasang surut yang digunakan dalam penelitian, atas daerah Pasuruan dan bawah daerah Pulau Karangmas.....	22
Gambar 4.1 Penampang hasil pengolahan RES2Dinv lintasan 1.....	24
Gambar 4.2 Penampang hasil pengolahan RES2Dinv lintasan 2.....	25
Gambar 4.3 Penampang hasil pengolahan RES2Dinv lintasan 3.....	26
Gambar 4.4 Penampang hasil pengolahan RES2Dinv lintasan 4.....	27
Gambar 4.5 Penampang <i>cross-section</i> hasil pengolahan data resistivitas.....	28
Gambar 4.6 Hasil pengolahan dengan pengubahan skala warna untuk Interpretasi Interface air laut	32
Gambar 4.7 Hasil pengolahan data 3D dengan nilai resistivitas dibawah 4 Ω m	33
Gambar 4.8 Hasil pengolahan dengan pengubahan skala warna untuk interpretasi lingkungan korosif	35
Gambar 4.9 Penampang laju korosi dari hasil pengolahan data geolistrik	36
Gambar 4.10 Peletakan anode dengan hasil pengolahan data resistivitas.....	38

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

Daftar Tabel

Tabel 2.1 Resistivitas Batuan (Loke and Barker, 1996)	4
Tabel 2.2 Resistivitas Tanah dan Pendugaan Sifat Korosi Tanah (Puslitbang Metallurgi - LIPI, 1987).....	10
Tabel 2.3 Hubungan nilai resistivitas tanah dengan nilai laju korosi dengan kedalaman pitting (Schwerdtfeger, 1964).....	11
Tabel 2.4 Hubungan nilai resistivitas tanah dengan laju korosi.....	11
Tabel 3.1 Desain Akuisisi Data Geolistrik	20
Tabel 4.1 Data Pasang Surut Pasuruan, Selat Madura	29
Tabel 4.2 Data Pasang Surut Pulau Karangmas, Selat Madura	30
Tabel 4.3 Dugaan <i>Interface</i> air laut	34
Tabel 4.4 Hasil interpretasi lingkungan korosif dan laju korosi	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Stratigrafi peta geologi lembar Besuki Jawa oleh B Pendowo dan H Samodra, 1997 edisi kedua	43
Lampiran 2 Datasheet Pengukuran Geolistrik 2D	44
Lampiran 3 Dokumentasi pengukuran geolistrik.....	47
Lampiran 4 Tim pengukuran Tugas Akhir	47
Lampiran 5 Hasil Pengolahan dengan <i>RES2Dinv</i> (kiri line2, kanan line 1)	48
Lampiran 6 Hasil Pengolahan dengan <i>RES2Dinv</i> (kiri line4, kanan line 3).....	49
Lampiran 7 Penampang laju korosi dengan <i>RES2Dinv</i> (kiri line 1, kanan line 2)	49
Lampiran 8 Penampang laju korosi dengan <i>RES2Dinv</i> (kiri line 3, kanan line 4)	50
Lampiran 9 Penampang <i>cross-section</i> dari hasil pengolahan data 3D.....	51
Lampiran 10 Hasil pengolahan data 3D dengan resistivitas dibawah 4 Ω m.....	52
Lampiran 11 Tampilan hasil interpretasi intrusi dan muka air laut	53

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Korosi merupakan jenis kerusakan atau degradasi logam yang diakibatkan oleh reaksi kimia maupun elektrokimia antara logam dengan lingkungan yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak diinginkan selama penggunaan. Korosi juga merupakan perusakan logam yang terjadi karena system termodinamika logam dan lingkungan yang berusaha untuk mencapai titik kesetimbangan (Schweitzer, 1987).

Kegiatan manusia banyak sekali yang berhubungan dengan logam, hampir setiap peralatan ataupun barang terbuat dari logam. Terutama dalam bidang industri seperti pada PDAM, industri Migas dan Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang menggunakan pipa sebagai tempat atau sarana mengalirnya fluida. PT IPMOMI merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang PLTU dengan daerah kerja di pinggir pantai. Salah satu penyebab terjadinya korosi adalah pH lingkungan dan kelembaban, dan dengan adanya intrusi air laut maka perlu adanya kontrol kondisi lingkungan penanaman pipa bawah permukaan sehingga dapat diketahui lingkungan korosif yang ada dan penanganan yang efektif.

Metode geolistrik merupakan metode yang banyak sekali digunakan dan hasilnya cukup baik apabila digunakan untuk memperoleh gambaran mengenai lapisan tanah di bawah permukaan dan kemungkinan terdapatnya air. Selain itu, metode geofisika yang efektif digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal adalah metode resistivitas. Pendugaan geolistrik ini didasarkan pada sifat bahwa material yang berbeda akan mempunyai tahanan jenis yang berbeda pula apabila dialiri arus listrik (Wijaya, 2015). Metode ini mampu membedakan struktur bawah permukaan melalui nilai resistivitas yang diukur, dengan adanya nilai resistivitas yang kecil dapat digunakan sebagai identifikasi sebagai lingkungan korosif. Metode resistivitas memiliki kelebihan diantaranya adalah sensitif terhadap kandungan air pada bawah permukaan, biaya survei murah, peralatan relatif kecil dan ringan, serta waktu pengukuran yang relatif cepat. Oleh karena itu digunakan konfigurasi Wenner-Schlumberger yang memiliki sensitivitas terhadap perbedaan resistivitas secara horizontal dan vertikal dengan baik.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang muncul pada tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana sebaran intrusi dan muka air laut berdasarkan nilai resistivitas tanah?
2. Bagaimana sebaran lingkungan korosif berdasarkan nilai resistivitas tanah?
3. Bagaimana pengaruh air laut terhadap lingkungan korosif?

1.3 Batasan Masalah

Metode yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah Metode Geolistrik-Resistivitas dengan Konfigurasi Wenner-Schlumberger.

1.4 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Memetakan intrusi dan muka air laut pada *powerplant unit 7 dan 8 PT IPMOMI*
2. Memetakan tanah dekat permukaan yang memiliki lingkungan korosif pada *powerplant unit 7 dan 8 PT IPMOMI*
3. Mengetahui pengaruh intrusi air laut terhadap lingkungan korosif

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari tugas akhir ini adalah :

1. Sebagai studi untuk pemetaan lingkungan korosif berdasarkan nilai resistivitas
2. Sebagai studi untuk mengetahui pengaruh intrusi air laut terhadap lingkungan korosif
3. Sebagai pertimbangan dalam peletakan *Anode* dalam proteksi katodik

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Sifat Kelistrikan Batuan

Sifat kelistrikan batuan adalah karakteristik batuan ketika dialiri arus listrik. Dalam hal ini, batuan dianggap sebagai medium listrik seperti resistor sehingga mempunyai tahanan jenis (resistivitas). Tahanan jenis menunjukkan kemampuan batuan tersebut untuk menghambat arus listrik. Menurut Telford, 1982, sifat resistivitas batuan dibagi menjadi 3 macam, yaitu :

1. Konduktif : nilai resistivitas 10^{-8} sampai $1 \Omega\text{m}$
2. Semikonduktif : nilai resistivitas 1 sampai $10^7 \Omega\text{m}$
3. Resistif : nilai resistivitas lebih dari $10^7 \Omega\text{m}$

Faktor yang mempengaruhi nilai kelistrikan tersebut adalah : kandungan mineral logam, kandungan elektrolit padat, kandungan air garam, perbedaan tekstur batuan, perbedaan porositas, permeabilitas dan temperatur (Saputro, 2010).

Dalam metode geolistrik, sering digunakan definisi-definisi sebagai berikut

$$\text{Resistansi (R)} = V/I \quad \text{Ohm } (\Omega) \quad (2.1)$$

$$\text{Resistivitas } (\rho) = E/J \quad \Omega\text{m} \quad (2.2)$$

$$\text{Konduktivitas } (\sigma) = (\Omega\text{m})^{-1} \quad (2.3)$$

dengan, I adalah besar arus yang mengalir, E adalah medan listrik dan J adalah rapat arus listrik.

Berdasarkan Tabel 2.1, nilai resistivitas batuan dapat dikelompokkan menjadi 4 bagian yaitu kelompok batuan beku dan metamorf; batuan sedimen; tanah dan air; dan zat kimia. Nilai resistivitas kelompok batuan beku dan batuan metamorf terletak pada orde yang lebih tinggi daripada batuan sedimen, tanah, maupun zat kimia. Pada batuan beku dan metamorf nilai resistivitas berkisar pada orde satuan hingga ratus jutaan. Sedangkan pada batuan sedimen nilai resistivitas memiliki orde berkisar pada satuan hingga ribuan. Pada tanah dan air memiliki orde resistivitas berkisar pada satuan hingga ratusan dan pada zat kimia memiliki orde nilai resistivitas berkisar pada satuan.

Tabel 2.1 Resistivitas Batuan (Loke and Barker, 1996)

Material	Resistivity (Ωm)	Conductivity (Siemen/m)
Igneus and Methamorphic Rocks		
Granite	$5 \times 10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 2 \times 10^{-4}$
Basalt	$10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 10^{-3}$
Slate	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$	$2.5 \times 10^{-8} - 1.7 \times 10^{-3}$
Marble	$10^2 - 2.5 \times 10^8$	$4 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Quartzite	$10^2 - 2 \times 10^3$	$5 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Sedimentary Rocks		
Sandstone	$8 - 4 \times 10^3$	$2.5 \times 10^{-4} - 0.125$
Shales	$20 - 2 \times 10^3$	$5 \times 10^{-4} - 0.05$
Limestone	$50 - 4 \times 10^{-2}$	$2.5 \times 10^{-3} - 0.02$
Soils and Waters		
Clay	1 – 100	0.01 - 1
Alluvium	10 – 800	$1.25 \times 10^{-3} - 0.1$
Groundwaters (fresh)	10 – 100	0.01 – 0.1
Sea Water	0.2	5
Chemicals		
Iron	9.074×10^{-8}	1.102×10^7
0.01 M Potassium Chloride	0.708	1.413
0.01 M Sodium Chloride	0.843	1.185
0.01 M Acetic Acid	6.13	0.163
Xylene	6.998×10^{16}	1.429×10^{-17}

2.2 Aliran Listrik dalam Bumi dan Metode Geolistrik

Geolistrik adalah salah satu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi. Pendeteksian di atas permukaan meliputi pengukuran medan potensial, arus dan elektromagnetik yang terjadi baik secara alamiah maupun akibat penginjeksian arus ke dalam bumi. Metode geolistrik tahanan jenis atau resistivitas sering digunakan untuk pendeteksian bawah permukaan secara dangkal hal ini dikarenakan dipengaruhi oleh bentangan elektroda.

Berikut adalah penjabaran mengenai beberapa rumus dasar yang sering digunakan dalam eksplorasi geolistrik. Ditinjau dari suatu medium isotropis, apabila medium dialiri arus listrik searah I (diberi medan listrik E) maka elemen arus δI yang melalui elemen luas δA dengan kerapatan arus J adalah

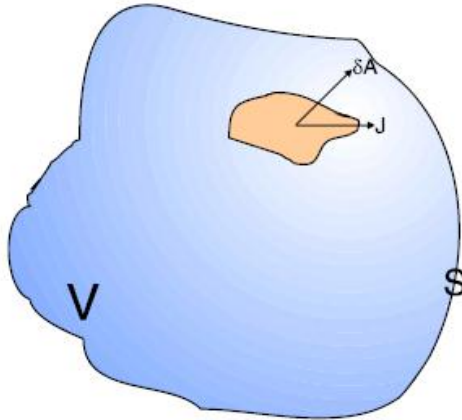
$$\delta I = J \cdot \delta A \quad (2.4)$$

$$J = \sigma E \text{ (Hukum Ohm)} \quad (2.5)$$

$$E = -\nabla V \quad (2.6)$$

Apabila didalam medium tidak ada arus yang mengalir, maka

$$\int_s J \cdot dA = 0 \quad (2.7)$$



Gambar 2.1 Teorema Gauss (Geocis,2015)

Menurut Hukum Gauss

$$\int_s J \cdot dA = \int_v \nabla \cdot J \, dV = 0 \quad (2.8)$$

$$\text{Sehingga } \nabla \cdot J = -\nabla \cdot \nabla (\sigma V) = 0 \text{ (Hukum kekekalan muatan)} \quad (2.9)$$

$$\text{Atau } \nabla^2 V = 0 \quad (2.10)$$

Yang merupakan persamaan laplace, dengan anggapan bumi adalah homogen isotropis dan mempunyai bentuk simetri bola maka operator Laplacian berbentuk

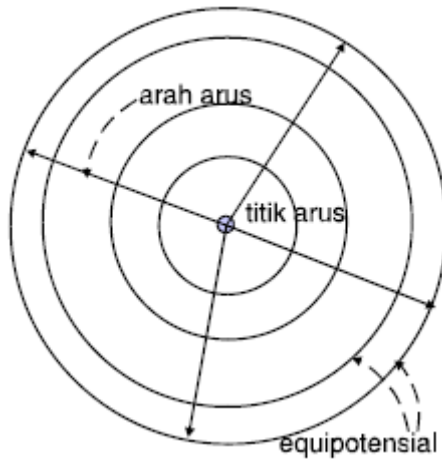
$$\frac{\partial^2 V}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial V}{\partial r} = 0 \quad (2.11)$$

Sehingga didapatkan persamaan umum laplace yaitu

$$V(r) = \frac{C_1}{r} + C_2 \quad (2.12)$$

Dengan C_1 dan C_2 adalah konstanta sembarang dan kedua nilainya ditentukan dengan syarat batas yang harus dipenuhi potensial $V(r)$ yaitu pada $r=\infty$, $V(\infty) = 0$ sehingga

$$C_2 = 0 \text{ dan } V(r) = \frac{C_1}{r} \quad (2.13)$$



Gambar 2.2 Arah penjalaran arus dengan injeksi di dalam bumi (Geocis, 2015)

Dengan menggunakan sejumlah arus listrik yang dialirkan pada bumi yang berbentuk bola dengan jari-jari r

Dan karena pada permukaan bumi maka pejalaran berbentuk setengah lingkaran, maka

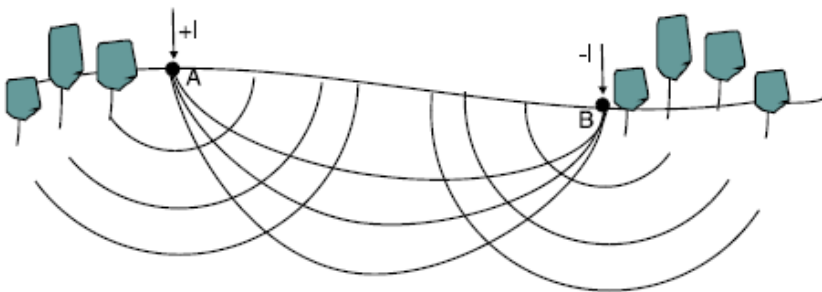
$$I = 2\pi r^2 \hat{r} \cdot J \quad (2.14)$$

$$= 2\pi r^2 \left[-\sigma \frac{dV}{dr} \right] \quad (2.15)$$

$$= 2\pi \sigma C_1 \quad (2.16)$$

Persamaan (2.3) dengan (2.16) menjadi

$$\rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (2.17)$$



Gambar 2.3 Arah penjalaran arus dengan dua titik injeksi di permukaan bumi (Geocis, 2015)

Dengan adanya dua titik arus yang berlawanan polaritasnya di permukaan bumi Gambar 2.3 beda potensial yang terjadi antara MN yang diakibatkan oleh injeksi arus pada AB adalah

$$\Delta V = V_M - V_N = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right] \quad (2.18)$$

$$\rho = 2\pi \left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right]^{-1} \frac{\Delta V}{I} \quad (2.19)$$

$$= \frac{\Delta V}{I} \quad \text{dengan } K = 2\pi \left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right]^{-1} \quad (2.20)$$

Pada persamaan 2.20, K merupakan koreksi karena adanya letak/ konfigurasi elektroda potensial dan elektroda arus pada pengukuran geolistrik atau yang sering disebut faktor geometri.

Metode resistivitas 2D didasarkan pada asumsi bumi *homogen isotropis*, nilai tahanan jenis terukur merupakan nilai tahanan jenis sebenarnya dan tidak bergantung pada spasi elektroda. Namun pada kenyataannya bumi terdiri dari lapisan – lapisan tersebut. Dalam hal ini, tahanan jenis yang terukur adalah tahanan jenis semu. Nilai tahanan jenis semu dapat dihitung berdasarkan rumus:

$$\rho_a = k \frac{V}{I} \quad (2.21)$$

Dimana:

ρ_a : resistivitas semu (Ωm)

k : faktor geometri (Konfigurasi yang digunakan)

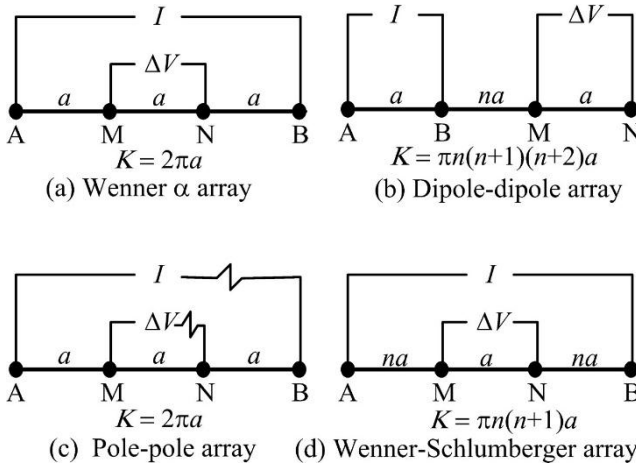
I : kuat arus yang diinjeksikan (A)

V: beda potensial antara kedua elektroda (V)

Faktor geometri (k) tergantung dari konfigurasi atau susunan bentangan elektroda yang dipakai dalam pengukuran.

2.3 Konfigurasi Wenner – Schlumberger

Menurut Loke, 2015 konfigurasi Wenner-Schlumberger adalah penggabungan antara konfigurasi Schlumberger yang sensitif terhadap perubahan perlapisan secara vertikal dengan konfigurasi Wenner yang sensitive terhadap perubahan lapisan secara horizontal. Aturan konfigurasi Schlumberger pertama kali diperkenalkan oleh Conrad Schlumberger, dimana jarak elektroda potensial MN dibuat tetap sedangkan jarak AB yang diubah-ubah. Dengan pengaruh keterbatasan kepekaan alat ukur, pada saat jarak AB diubah pada jarak yang relatif besar maka jarak MN sebaiknya diubah nuntuk mendapatkan sinyal yang kuat (Advance Geoscience, Inc, 2011) AB/MN maksimal agar didapatkan sinyal kuat adalah ≤ 11 . Perubahan jarak hendaknya tidak lebih besar dari 1/5 jarak AB, berikut adalah beberapa konfigurasi geolistrik pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Konfigurasi Geolistrik (Loke dan Barker, 1996)

Faktor geometri dari konfigurasi Wenner-Schlumberger adalah sebagai berikut:

$$K = 2\pi \left[\left(\frac{1}{MA} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right] \quad (2.22)$$

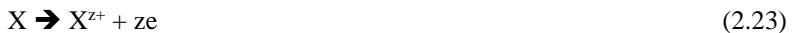
2.4 Korosi

2.4.1 Pengertian Korosi

Korosi adalah proses merusakkan logam, dimana logam akan mengalami penurunan mutu (degradation) karena bereaksi dengan lingkungan baik itu secara kimia atau elektrokimia pada waktu pemakaiannya. Terkorosinya suatu logam dalam lingkungan elektrolit (air) adalah suatu proses elektrokimia (Schweitzer, 1987). Proses ini terjadi bila ada reaksi setengah sel yang melepaskan elektron (reaksi oksidasi pada anodik) dan reaksi setengah sel yang menerima elektron tersebut (reaksi reduksi pada katodik). Kedua reaksi ini akan terus berlangsung sampai terjadi kesetimbangan dinamis dimana jumlah elektron yang dilepas sama dengan jumlah elektron yang diterima. Korosi adalah proses degradasi / deteorisasi / perusakan material yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan dan sekitarnya. Ada pengertian lain mengenai korosi, yaitu : Korosi adalah perusakan material tanpa perusakan material; Korosi adalah kebalikan dari metalurgi ekstraktif; Korosi adalah sistem termodinamika logam dengan lingkungan (udara, air, tanah), yang berusaha mencapai kesetimbangan.

Adapun syarat-syarat dimana suatu proses korosi dapat terjadi adalah sebagai berikut:

1. Anoda, tempat terjadinya reaksi oksidasi dimana ion negatif berkumpul. Anoda biasanya terkorosi dengan melepaskan elektron – elektron dari atom-atom logam netral untuk membentuk ion-ion yang bersangkutan. Ion-ion ini mungkin tetap tinggal dalam larutan atau bereaksi membentuk hasil korosi yang tidak larut. Reaksi ini bisa menghalangi pelarutan logam lebih lanjut yang disebut pemasifan dimana reaksi korosi berhenti. Reaksi korosi logam X biasanya dinyatakan dalam persamaan



dengan banyak elektron yang diambil dari masing-masing atom yang ditentukan oleh valensi logam yang bersangkutan. Umumnya $z = 1, 2$ atau 3 .

2. Katoda, tempat terjadinya reaksi reduksi dimana ion positif berkumpul. Pada katoda biasanya tidak mengalami korosi, walaupun terdapat kemungkinan terjadinya kerusakan dalam kondisi-kondisi tertentu.



2.4.2 Syarat Terjadi Korosi

Korosi dapat terjadi berdasarkan lingkungan dimana keterdapatn logam, korosi juga dapat terjadi secara cepat maupun lambat meskipun pada logam yang sama. Berikut adalah faktor-faktor yang dapat menyebabkan korosi :

1. Temperatur; semakin tinggi temperatur maka reaksi kimia akan semakin cepat, sehingga korosi akan semakin cepat terjadi
2. Kecepatan aliran; apabila kecepatan aliran yang melewati logam semakin cepat maka akan merusak lapisan film pada logam sehingga mempercepat korosi karena logam akan kehilangan lapisan.
3. pH; semakin asam pH lingkungan dari logam, maka akan semakin cepat terjadinya korosi.
4. Kadar oksigen; semakin tinggi kadar oksigen pada suatu lingkungan maka reaksi oksidasi akan mudah terjadi sehingga akan mempengaruhi laju reaksi korosi.
5. Kelembaban udara

Selain hal-hal diatas, terdapat pula faktor lain yang dapat mempercepat adanya korosi, yaitu terdapatnya logam pada *Splash Zone* , yaitu zona percikan air fluida pada logam yang ditemukan paling banyak adalah pada zona pasang

surut air laut. Kecepatan korosi yang paling tinggi terletak pada daerah *splash zone* atau daerah percikan. Daerah ini mempunyai kecenderungan terjadi korosi paling hebat karena aerasi tinggi (kadar oksigen/ O₂ tinggi), kelembaban yang berubah-ubah (*wet and dry*) dan kadar garam yang relatif tinggi dibandingkan dengan daerah dibawahnya (Heri S, 2003).

2.5 Hubungan Korosivitas Tanah dengan Nilai Resistivitas

Resistivitas tanah merupakan salah satu faktor penting yang digunakan sebagai indikator untuk menilai korosivitas tanah. Nilai resistivitas yang rendah (konduktivitas yang tinggi) dapat menghasilkan tingkat korosivitas yang tinggi. Logam yang ditanam umumnya akan anodik dalam tanah yang mempunyai resistivitas rendah, dan katodik pada tanah yang mempunyai nilai resistivitas tinggi, sehingga logam yang ditanam pada tanah dengan resistivitas rendah akan bersifat anodic dan dengan adanya sifat anodic maka korosi yang terjadi adalah pada logam yang ditanam. Hubungan heterogenitas tanah dengan resistivitas adalah aspek yang paling penting dari korosi tanah. Tabel 2.2 merupakan tabel yang dapat digunakan untuk memprediksi korosivitas tanah sehubungan dengan nilai resistivitas tanah secara kualitatif.

Tabel 2.2 Resistivitas Tanah dan Pendugaan Sifat Korosi Tanah (Puslitbang Metallurgi - LIPI, 1987)

Resistivitas Tanah (Ωm)	Pendugaan Sifat Korosi
<7	Sangat Tinggi
7-20	Tinggi
20-50	Sedang
50-100	Ringan
>100	Sangat Ringan

Selain dengan menggunakan pendugaan secara kualitatif, terdapat hubungan kuantitatif antara nilai resistivitas tanah untuk pendugaan korosivitas tanah.

Tabel 2.3 adalah tabel mengenai hubungan resistivitas tanah terhadap laju korosi menurut Schwerdfeger, 1964. Selain ditunjukkan hubungan resistivitas dengan laju korosi dan kualitas dari korosivitas, menurut (Mubarak, 2017) laju korosi suatu batuan dapat diprediksi atau dihitung berdasarkan nilai resistivitas (ρ) yaitu persamaan garis yang merepresentasikan hubungan antara resistivitas dengan laju korosi

$$CR = 0.1845\rho^{-0.199} \text{ (mm/yr)} \quad (2.25)$$

Tabel 2.3 Hubungan nilai resistivitas tanah dengan nilai laju korosi dengan kedalaman pitting (Schwerdtfeger, 1964)

Resistivitas Tanah	Banyaknya Sampel Tanah	Maximum Penetration		
		Min	Rerata	Maks
Ωm		<i>Mils/yr</i>		
0.5-5	26	0.84	11.4	35
5-30	28	0.6	4.2	12.6
30-540	32	0.28	2.2	6.7

Dalam penelitian digunakan satuan laju korosi yaitu mm/yr, sehingga berdasarkan Tabel 2.2 dan

Tabel 2.3 dapat dilakukan konversi sesuai pada persamaan 2.26 sehingga didapatkan

$$1 \text{ mils/yr} = 0.0254 \text{ mm/th} \tag{2.26}$$

Tabel 2.4 Hubungan nilai resistivitas tanah dengan laju korosi

Resistivitas Tanah	Laju Korosi	
Ωm	Kuantitas (mm/th)	Kualitas
0.5-5	0.2895	Sangat Tinggi
5-30	0.1067	Sedang
30-540	0.0559	Rendah

2.6 Akuifer Air dan Intrusi Air Laut

Akuifer merupakan suatu lapisan batuan atau formasi geologi yang jenuh air yang bersifat permeabel, dapat menyimpan dan meneruskan air (Feter, 1988) Berdasarkan kemampuan meluluskan air dari bahan pembatasnya, akuifer dapat dibedakan menjadi :

1. Akuifer Tertekan (Confined Aquifer) yaitu akuifer yang seluruh jumlahnya air yang dibatasi oleh lapisan kedap air, baik yang di atas maupun di bawah, serta mempunyai tekanan jenuh lebih besar dari pada tekanan atmosfer

2. Akuifer Bebas (Unconfined Aquifer) yaitu lapisan lolos air yang hanya sebagian terisi oleh air dan berada di atas lapisan kedap air. Permukaan tanah pada akuifer ini disebut dengan water table (preatiklevel), yaitu permukaan air yang mempunyai tekanan hidrostatik sama dengan atmosfer.
3. Akuifer Semi Tertekan (Semi confined Aquifer) yaitu akuifer yang seluruhnya jenuh air, dimana bagian atasnya dibatasi oleh lapisan semi lolos air dibagian bawahnya merupakan lapisan kedap air.
4. Akuifer Semi Bebas (Semi Unconfined Aquifer) yaitu akuifer yang bagian bawahnya yang merupakan lapisan kedap air, sedangkan bagian atasnya merupakan material berbutir halus, sehingga pada lapisan penutupnya masih memungkinkan adanya gerakan air. Dengan demikian akuifer ini merupakan peralihan antara akuifer bebas dengan akuifer semi tertekan.

Akuifer di dataran pantai adalah sumber air tanah yang baik, walaupun dengan resiko penyusupan air laut. Air tawar dan air laut adalah dua fluida dengan densitas (berat jenis) yang berbeda. Jika kedua jenis air ini kontak didalam tanah, akan terbentuk suatu zona dengan densitas yang bercampur dan berubah secara bertahap dari air tawar ke air laut (Apello, 1996). Walaupun begitu, pada kondisi tertentu zona ini relative kecil (misalnya jika dibandingkan dengan tebal akifer) sehingga dapat dianggap sebagai suatu bidang batas yang jelas seperti halnya dengan muka air tanah. Zona kontak antara air tawar dan air laut ini dikenal dengan interface.

Intrusi atau penyusupan air asin ke dalam akuifer di daratan pada dasarnya adalah proses masuknya air laut Pada keadaan alami, air tanah akan mengalir ke arah laut dan dikarenakan adanya perbedaan massa jenis antara air laut dan air tanah maka terdapat tekanan yang mendesak air tanah ke hulu, desakan yang terjadi dapat dinetralisir dan aliran yang terjadi adalah ke arah hillir/ laut sehingga keseimbangan tetap terjaga dan intrusi tidak terjadi. apabila terjadi keseimbangan terganggu maka air laut dapat mencemari air tanah dengan tekanan yang ke arah hulu lebih besar.

Intrusi air laut di daerah pantai merupakan suatu proses penyusupan air asin dari laut kedalam air tanah di bawah permukaan tanah melalui akuifer di daratan atau daerah pantai.

Penyusupan air asin ini terjadi antara lain disebabkan oleh:

1. Penurunan muka air bawah tanah atau bidang pisometrik di daerah pantai.
2. Pemompaan air bawah tanah yang berlebihan di daerah pantai.
3. Masuknya air laut ke daratan melalui sungai, kanal, saluran, rawa, atau cekungan lainnya.

2.7 Pasang Surut Air Laut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut yang terjadi karena adanya gaya tarik benda – benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Meskipun massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi jauh lebih dekat, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar daripada pengaruh gaya tarik matahari. Gaya tarik bulan yang mempengaruhi pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar daripada gaya tarik matahari.

Menurut Dronkers, 1964 pasang surut dapat dibagi menjadi 3 tipe, yaitu :

1. Pasang Surut Diurnal

Jenis pasang surut apabila dalam sehari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Jenis ini biasa terjadi di laut sekitar khatulistiwa. Berdasarkan Wyrkty, 1961 di Indonesia tipe ini terjadi di Selat Karimata.

2. Pasang Surut Semi Diurnal

Jenis pasang surut apabila dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut yang tingginya hampir sama. Berdasarkan Wyrkty, 1961 di Indonesia tipe ini terjadi di Selat Malaka hingga Laut Andaman.

3. Pasang Surut Campuran

Merupakan jenis pasang surut gabungan dari tipe 1 dan tipe 2, tipe ini terjadi apabila bulan melintasi khatulistiwa (deklinasi kecil), sehingga pasang surutnya bertipe semi diurnal, dan apabila deklinasi bulan mendekati maksimum, terbentuk pasang surut diurnal. Berdasarkan Wyrkty, 1961 di Indonesia tipe ini terjadi di Pantai Selatan Kalimantan, Pantai Utara Jawa, Pantai Selatan Jawa dan Indonesia Bagian Timur.

Dikarenakan selalu terjadi perubahan muka air laut yang terjadi karena pasang surut, maka diperlukan elevasi yang disamakan berdasarkan data pasang surut sebagai acuan dalam perhitungan maupun perencanaan sesuatu. Berikut adalah beberapa elevasi baku yang digunakan

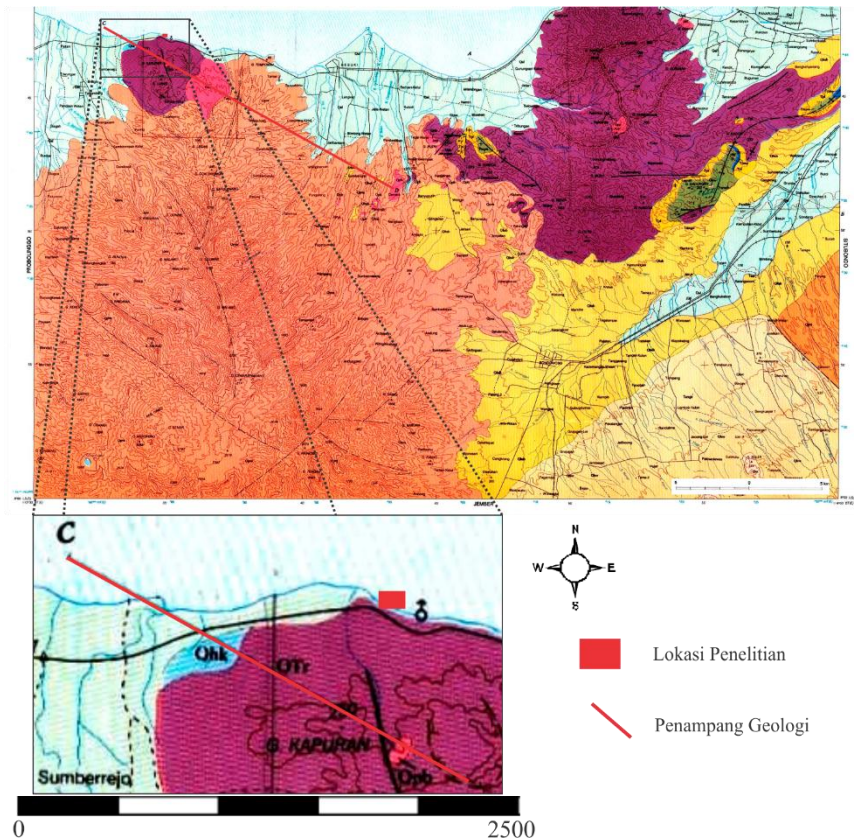
1. Muka air tinggi (high water level, HWL), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
2. Muka air rendah (low water level, LWL), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
3. Muka air tinggi rerata (mean high water level, MHWL), adalah rerata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun.
4. Muka air rendah rerata (mean low water level, MLWL), adalah rerata dari muka air rendah selama periode 19 tahun.

5. Muka air laut rerata (*mean sea level*, MSL, MDPL Meter Diatas Permukaan Air Laut), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi di daratan.
6. Muka air tinggi tertinggi (*highest gigh water level*, HHWL), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
7. Muka air rendah terendah (*lowest low water level*, LLWL), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

2.8 Geologi Regional

Gambar 2.5 merupakan peta geologi daerah penelitian berdasarkan Peta Geologi Lembar Besuki Jawa oleh B Pendowo dan H Samodra, 1997 edisi kedua. Pada Gambar 2.5 berisikan peta geologi secara regional yaitu pada peta geologi lembar besuki dan peta geologi secara lokal pada lokasi penelitian. Secara administrasi, peta geologi lembar besuki mencakup kedalam Kabupaten Probolinggo, Bondowoso dan Situbondo. Pada peta geologi dari Gambar 2.5 didominasi oleh Aluvium (Qal), Formasi Batuan Gunungapi Ringgit (QTy) dan Formasi Batuan Gunungapi Argopuro (Qpva).

Aluvium (Qal) pada Gambar 2.5 ditunjukkan dengan warna putih kebiruan, pada lapisan ini berisikan oleh kerakal, kerikil, pasir, lanau dan lempung sebagai endapan sungai dan pantai. Formasi ini terendapkan pada holosen akhir.



Gambar 2.5 Peta geologi daerah penelitian (Pendowo dan Samudra, 1997)

Formasi Batuan Gunungapi Ringgit (QTy) pada Gambar 2.5 ditunjukkan dengan warna ungu, pada formasi ini berisikan Lava, breksi gunungapi, tuf dan sisipan batupasir tufan. Lava berwarna hitam atau kelabu kehitaman yang terdiri atas basalt, basalt leusit, andesit piroksen dan andesit hornblend. Lava basalt berhablur halus sebagian berstruktur melembar dan setempat dijumpai retas basalt pada breksi gunungapi. Pada formasi ini juga terdapat gejala pembakaran yang dilakukan oleh basalt terhadap tuff yang menghasilkan tuf berwarna merah bata, keras dan terkarsikan. Lava andesit piroksen berwarna kelabu muda hingga tua, sebagian berstruktur porfir dan berhablur- sulung piroksen. Breksi gunungapi berwarna kelabu tua hingga kehitaman yang disusun oleh komponen basalt, basalt leusit, andesit piroksen dan andesit hornblend berukuran kerakal hingga bongkah, didalam matriks batupasir tufan kasar. Formasi ini memiliki

ketebalan lebih dari 500 m. Formasi ini terbentuk selama Pliosen akhir hingga Pleistosen Awal.

Formasi Batuan Gunungapi Argopuro (Qpva) pada Gambar 2.5 ditunjukkan dengan warna *orange*, formasi ini berisikan lava dan breksi gunungapi bersusunan andesit-basalt serta tuf. Lava berwarna hitam, kompak, keras dan setempat berstruktur melembar. Breksi gunungapi disusun oleh komponen andesit dan basalt berukuran kerakal, dengan matriks batupasir tufan kasar. Tuf berwarna kelabu muda, agak kompak dan basalt berukuran kerakal, dengan matriks batupasir tufan kasar. Tuf berwarna kelabu muda, agak kompak dan umumnya berukuran halus. Satuan Qpva menindih tak selaras Formasi Ringgit yang ditandai dengan konglomerat. Tebal dari formasi ini adalah 500 m. Formasi ini terbentuk pada Pleistosen Akhir.



Gambar 2.6 Penampang geologi dari cross-section CD
(Pendowo dan Samudra, 1997)

Gambar 2.6 (gambar terdapat di lampiran) merupakan penampang geologi *cross-section* CD dari Gambar 2.5 yang ditunjukkan dengan garis berwarna merah. Terlihat bahwa pada daerah penelitian terdiri atas Qal yang merupakan batuan awal hingga terendam air laut sedangkan QTy merupakan formasi dibawah aluvium dengan ketebalan hingga 400 m dibawah MDPL, dimana Qal dan QTy merupakan hasil dari aktivitas vulkanisme dari jaman plistosen hingga holosen. Daerah penelitian merupakan hasil reklamasi pantai dengan menggunakan tanah dan batuan untuk reklamasi yang didapatkan dari percampuran Qal dan QTy pada tahun pembangunan sehingga dalam interpretasi data hasil pengolahan data geolistrik digunakan parameter dari Qal dan QTy.

BAB III

METODOLOGI

3.1 Peralatan Penelitian

Pada penelitian tugas akhir ini, diperlukan peralatan yang digunakan saat pengukuran maupun studi pendahuluan. Adapun peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Satu set alat Resistivity
2. Kabel Resistivitas
3. 48 buah Elektroda
4. 4 buah Palu
5. 2 buah Multimeter
6. Data Sheet pengukuran resistivitas
7. Meteran 100 meter
8. *GPS Handheld*
9. *Handy Talkie*

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilakukan pada tanggal 2-17 Bulan Mei 2017. Tempat akuisisi data resistivitas berada di unit 7 dan 8 PT IPMOMI PAITON, Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo.

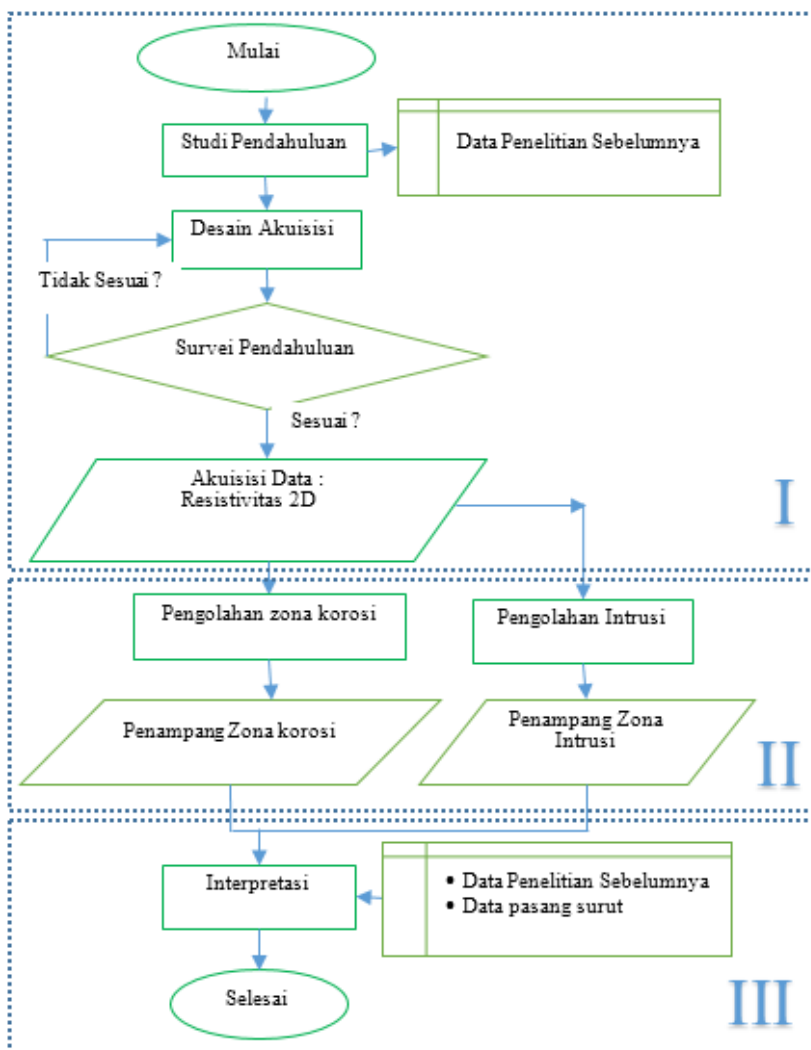


Gambar 3.1 Lokasi penelitian tugas akhir

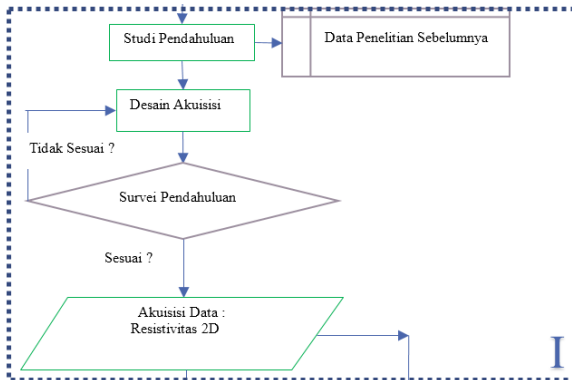
Gambar 3.1 merupakan gambar lokasi dilakukannya penelitian yang diambil dari *google earth* dimana lokasi pengukuran terletak pada Kabupaten Probolinggo bagian tenggara ditunjukkan dengan simbol pin berwarna kuning. Lokasi penelitian memiliki jarak dengan garis pantai sejauh 100 m.

3.3 Diagram Alir

Adapun diagram alir dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :



3.3.1 Bagian I



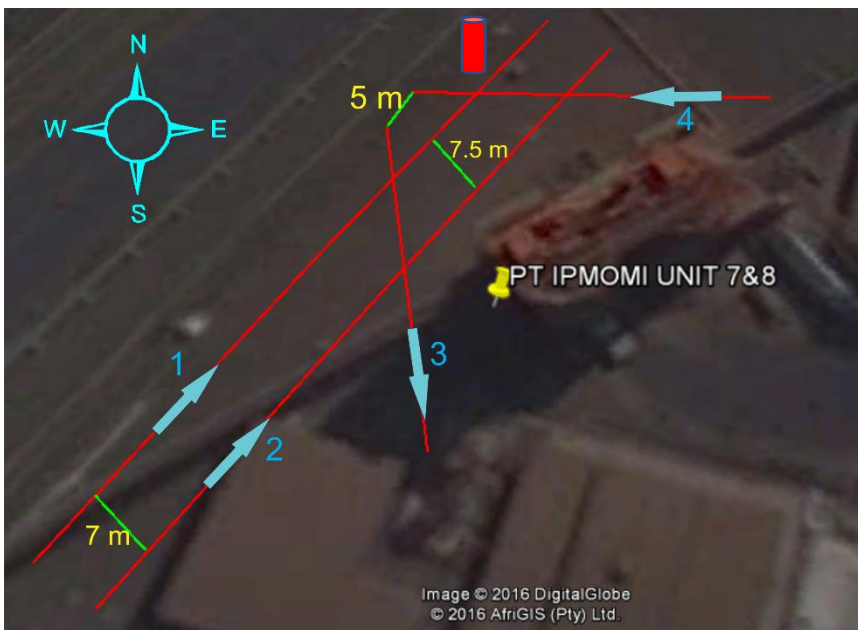
Pada bagian ini dilakukan studi pendahuluan berupa studi literatur mengenai geologi regional dan litologi, korosi, intrusi, penelitian sebelumnya yang berkaitan. Dari studi pendahuluan didapatkan hasil berupa data-data yang digunakan dalam desain akuisisi, pengolahan dan juga interpretasi.

Pada bagian ini dilakukan pengolahan survey pendahuluan yang bertujuan untuk mengetahui validasi dari desain akuisisi yang sudah dibuat sehingga desain akuisisi menghasilkan data yang dapat menjawab tujuan dari penelitian. Setelah didapatkan desain akuisisi yang benar maka dapat dilakukan akuisisi data geolistrik 2D.

Desain akuisisi pengukuran ditunjukkan dengan citra google earth pada Gambar 3.2 merupakan desain akuisisi data geolistrik yang dilakukan pada lintasan 1, 2, 3, dan 4 berdasarkan rincian tiap lintasan yang terdapat pada Tabel 3.1 yang berisi data koordinat, panjang bentangan, dan spasi elektroda yang dipakai. Pada Gambar 3.2 terdapat nomor lintasan dan arah dari pengukuran yang ditunjukkan dengan symbol anak panah warna biru, juga terdapat spas antar lintasan dengan ditunjukkan garis dan angka berwarna hijau. Lintasan 1 dan 2 memiliki jarak 7.5 meter, sedangkan pada lintasan 3 dan 4 memiliki jarak 5 meter dan 45 meter di ujungnya. Selain itu terdapat *Hydrant* atau pompa air yang digunakan untuk memompa air tanah dan air laut yang terdapat pada dekat meter ke-50 pada lintasan 1 yang disimbolkan dengan tabung berwarna merah pada Gambar 3.2.

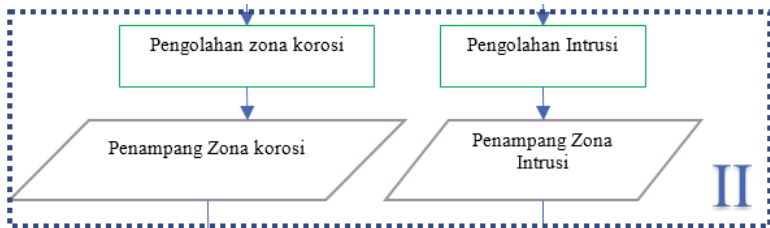
Tabel 3.1 Desain Akuisisi Data Geolistrik

No	Koordinat		Panjang Lintasan	Spasi Elektroda
	Easting	Northing		
1	784390.17 m E	9146603.61 m S	70.5 m	1.5 m
	784432.86 m E	9146660.95 m S		
2	784384.20 m E	9146607.31 m S	70 m	2 m
	784426.48 m E	9146665.77 m S		
3	784410.18 m E	9146651.39 m S	35 m	1 m
	784415.83 m E	9146615.92 m S		
4	784412.62 m E	9146655.80 m S	35 m	1 m
	784448.65 m E	9146653.16 m S		



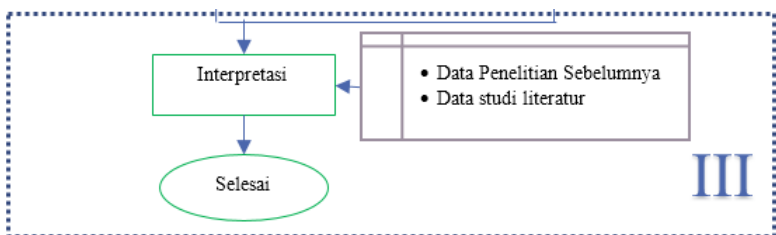
Gambar 3.2 Desain Akuisisi Pengukuran

3.3.2 Bagian II



Pada bagian ini dilakukan pengolahan terhadap data sekunder berupa data pasang-surut yang digunakan dalam koreksi pengukuran geolistrik. Hasil pengukuran di lapangan diubah dengan menggunakan *Notepad*, *Microsoft Office Excel* dan *RES2Dinv* yang dilakukan terpisah. *Notepad* dan *Microsoft Office Excel* digunakan untuk pengondisian data sebelum digunakan pada *RES2Dinv* dan *software* pengolah 3-Dimensi. Selain digunakan untuk pengondisian dalam format input data, *Microsoft Office Excel* juga digunakan dalam kontrol data yang memiliki eror sangat besar terhadap data sekitarnya sehingga nilai eror data dapat berkurang. *RES2Dinv* digunakan untuk mendapatkan penampang bawah permukaan dengan bentuk 2 dimensi dan digunakan dalam input awal data (data xyz hasil inversi) yang akan digunakan pada *software* pengolah 3-Dimensi. Sedangkan *software* pengolah 3-Dimensi digunakan untuk membuat model penampang *cross-section* dari data pengukuran yang dapat membantu dalam proses interpretasi.

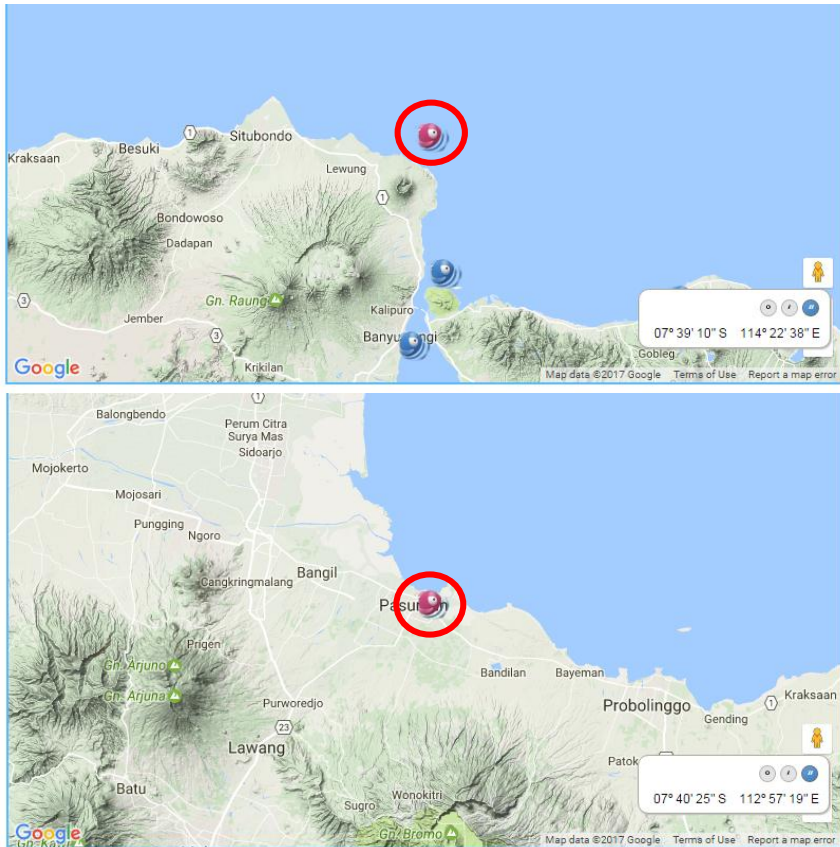
3.3.3 Bagian III



Pada bagian ini dilakukan interpretasi terhadap hasil pengolahan data pada Bagian II. Pada tahapan ini juga dilakukan interpretasi dengan meninjau data-data yang dihasilkan dari Bagian I yang berupa data penelitian sebelumnya mengenai daerah penelitian, metode penelitian, fokus penelitian dan koreksi pasang surut dari hasil data pasang surut sehingga hasil interpretasi lebih akurat.

Data pasang surut yang digunakan berasal dari data pasang surut Pasuruan yang terletak pada barat PT IPMOMI dan Pulau Karangmas yang terletak pada timur PT IPMOMI, hal ini dikarenakan pada daerah PT IPMOMI tidak terdapat

adanya tabung pengukur pasang surut. Gambar 3.3 merupakan peta lokasi data pasang surut yang digunakan dalam penelitian, lokasi data Pasuruan didapatkan pada Gambar 3.3 bagian atas dengan ditunjukkan pada lingkaran merah dan terdapat pada Kabupaten Pasuruan. Lokasi data Pulau Karangmas didapatkan pada Gambar 3.3 bagian bawah dengan ditunjukkan pada lingkaran merah dan terdapat pada Kabupaten Probolinggo.



Gambar 3.3 Lokasi data pasang surut yang digunakan dalam penelitian, atas daerah Pasuruan dan bawah daerah Pulau Karangmas

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

Akuisisi data dilakukan dengan menggunakan konfigurasi Wenner Schlumberger yang digunakan untuk mengetahui variasi harga tahanan jenis secara vertikal dan lateral. Data yang diperoleh dari akuisisi berupa arus listrik (I) dan beda potensial (V) di setiap lintasan pengukuran. Berdasarkan nilai arus dan beda potensial serta geometri pengukuran, dilakukan pengolahan pada *Software Microsoft Office Excel* untuk mendapatkan nilai resistivitas semu. Data resistivitas semu digunakan kembali untuk dilakukan pengolahan pada *Software RES2Dinv* untuk mendapatkan penampang 2 Dimensi dari pengukuran.

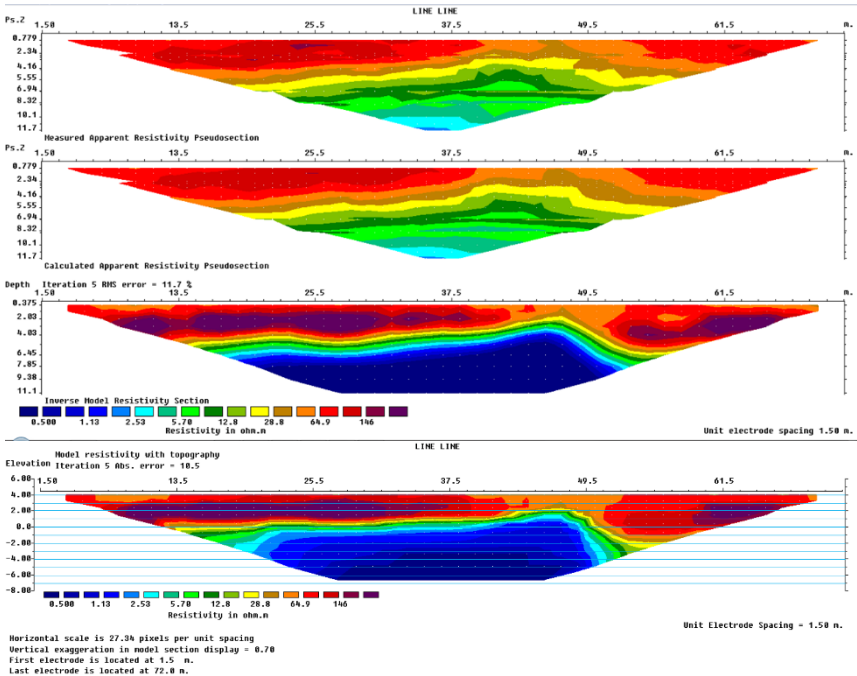
Pada penampang hasil pengolahan RES2Dinv, pada Gambar 4.1 memiliki 3 bagian, pada bagian pertama berupa *Measured Apparent Resistivity Pseudosection* yang merupakan tampilan bawah permukaan dari data hasil pengukuran atau penampang hasil data yang diinput dan pada bagian ini merupakan penampang data dari nilai resistivitas semu dari lokasi pengukuran. Pada bagian kedua berupa *Calculated Apparent Resistivity Pseudosection* merupakan tampilan hasil perhitungan dari data hasil pengukuran dan pada bagian ini juga merupakan data resistivitas semu. Pada bagian ketiga berupa *Invere Model Resistivity Section* yang merupakan tampilan hasil inversi dari data hasil perhitungan pengukuran pada bagian kedua, dan pada bagian ini merupakan model sebenarnya dari penampang nilai resistivitas bawah permukaan lokasi pengukuran.

4.1.1 Analisis Data Lintasan 1

Pengukuran lintasan 1 dilakukan pada koordinat 784390.17 mE dan 9146603.61 mS untuk titik 0 m dan koordinat 784432.86 mE dan 9146660.95 mS untuk titik 70.5 m. Pengukuran dilakukan menggunakan spasi elektroda minimal adalah 1,5 m dengan jumlah elektroda 48 sehingga didapatkan bentangan sepanjang 70.5 m. Konfigurasi yang digunakan Wenner-Schlumberger dengan 15 variasi n dan n terdalam yaitu 15 n (wenner) sehingga menurut Loke, 2015 didapatkan target kedalaman pengukuran hingga 12 m.

Gambar 4.1 merupakan penampang hasil pengolahan data lintasan 1 dengan menggunakan RES2Dinv dengan nilai *RMS Error* sebesar 11.7% dan menggunakan iterasi sebanyak 5 kali. Nilai resistivitas dari penampang ditunjukkan dengan menggunakan kontur warna, kontur warna bervariasi dari biru tua hingga ungu yang mewakili nilai resistivitas kecil ($0.5 \Omega\text{m}$) untuk warna biru tua hingga nilai resistivitas besar (lebih dari $146 \Omega\text{m}$) untuk warna ungu.

Gambar 4.1 bagian keempat merupakan hasil pengolahan dengan menggunakan resistivitas dengan elevasi. Penampang didominasi oleh warna biru dengan nilai resistivitas $0.5 - 4 \Omega\text{m}$ dan warna orange dengan nilai resistivitas $30 - 70 \Omega\text{m}$. Hasil pengolahan menunjukkan bahwa pada lokasi pengukuran didominasi oleh warna biru dengan resistivitas dibawah $4 \Omega\text{m}$ pada elevasi dibawah 0 meter, kecuali pada jarak 50 hingga 72 m yang mengalami penurunan hingga -4 meter.



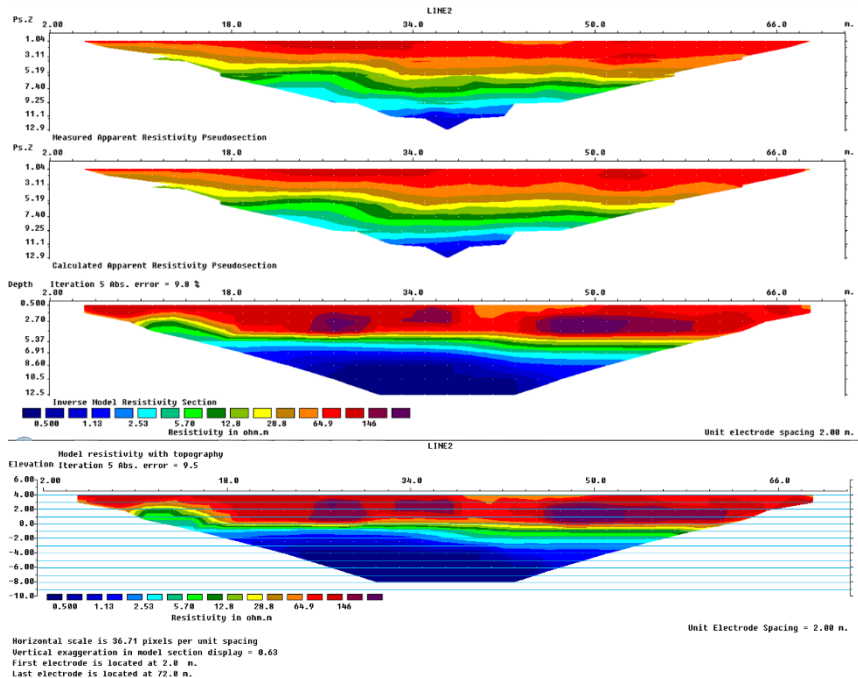
Gambar 4.1 Penampang hasil pengolahan RES2Dinv lintasan 1

4.1.2 Analisa Data Lintasan 2

Pengukuran lintasan 2 dilakukan sejajar dengan lintasan 1 yang dilakukan pada koordinat titik awal 784384.20 m E dan 9146607.31 m S hingga titik akhir 784426.48 m E dan 9146665.77 m S. Pengukuran dilakukan menggunakan spasi elektroda 2 m dengan jumlah elektroda sebanyak 36 sehingga didapatkan bentangan 70 m. Konfigurasi yang digunakan Wenner-Schlumberger dengan 14 variasi n dan n terdalam yaitu $a=14$ dan $n=2$ (schlumberger) sehingga menurut Loke, 2015 didapatkan target kedalaman pengukuran hingga 12.95 m.

Gambar 4.2 merupakan penampang hasil pengolahan data lintasan 2 dengan menggunakan RES2Dinv dengan nilai *RMS Error* sebesar 9.8% dan menggunakan iterasi sebanyak 5 kali. Nilai resistivitas dari penampang

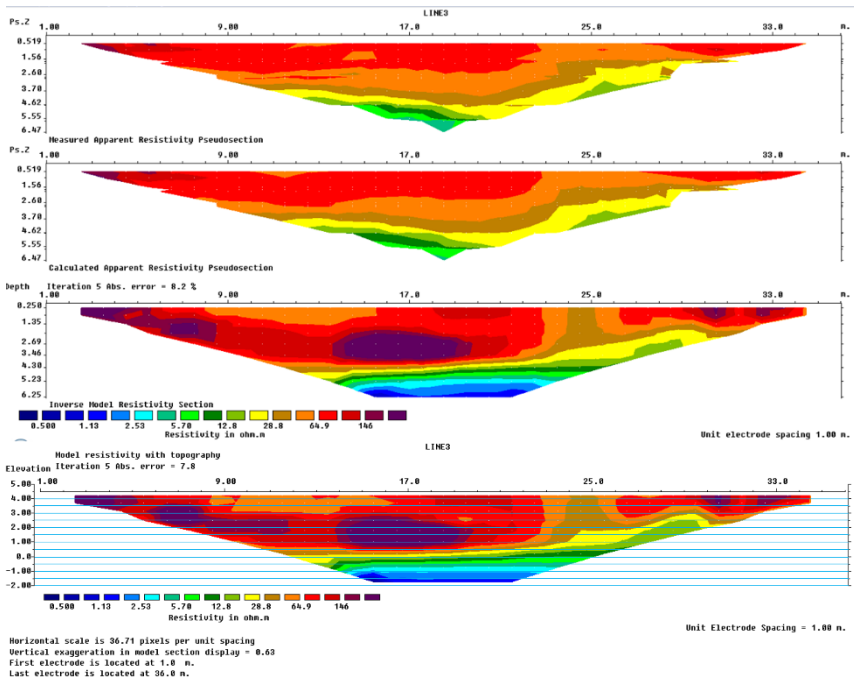
ditunjukkan dengan menggunakan kontur warna, kontur warna bervariasi dari biru tua hingga ungu yang mewakili nilai resistivitas kecil ($0.5 \Omega\text{m}$) untuk warna biru tua hingga nilai resistivitas besar (lebih dari $146 \Omega\text{m}$) untuk warna ungu. Gambar 4.2 bagian keempat merupakan hasil pengolahan dengan menggunakan resistivitas dengan elevasi. Penampang didominasi oleh warna biru dengan nilai resistivitas $0.5 - 4 \Omega\text{m}$ pada elevasi dibawah 0-2 meter dan warna orange dengan nilai resistivitas $30 - 70 \Omega\text{m}$ pada elevasi diatas 0 meter.



Gambar 4.2 Penampang hasil pengolahan RES2Dinv lintasan 2

4.1.3 Analisa Data Lintasan 3

Pengukuran lintasan 3 dilakukan berpotongan dengan lintasan 1 dan 2 yang dilakukan pada koordinat titik awal 784410.18 m E dan 9146651.39 m S hingga titik akhir 784415.83 m E dan 9146615.92 m S. Pengukuran dilakukan menggunakan spasi elektroda 1 m dengan elektroda sebanyak 36 sehingga didapatkan bentangan 34 m. Konfigurasi yang digunakan Wenner-Schlumberger dengan 14 variasi n dan n terdalam yaitu $a=14$ dan $n=2$ (Schlumberger) sehingga menurut Loke, 2015 didapatkan target kedalaman pengukuran hingga 6.475 m.

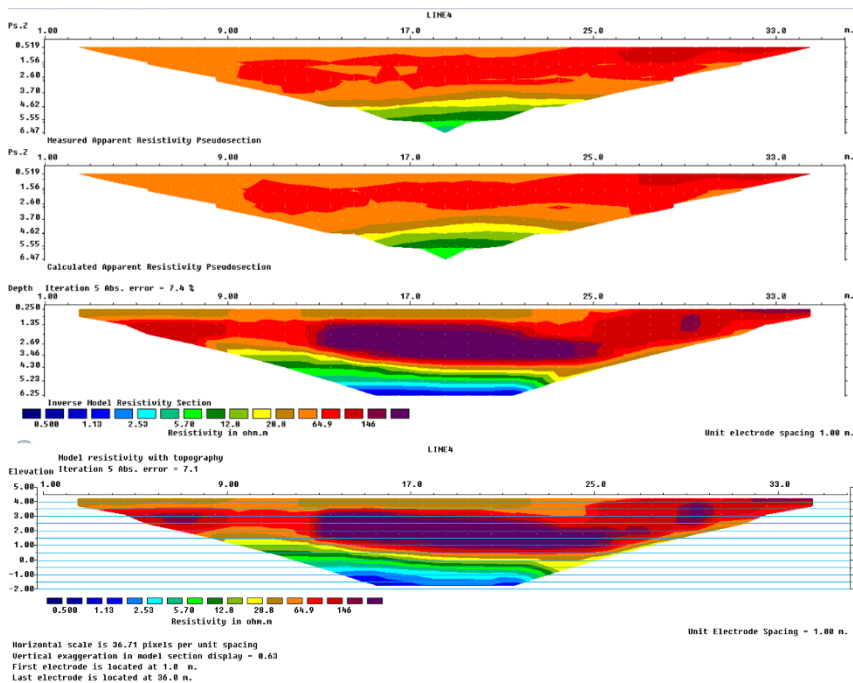


Gambar 4.3 Penampang hasil pengolahan RES2Dinv lintasan 3

Gambar 4.3 merupakan penampang hasil pengolahan data lintasan 3 dengan menggunakan RES2Dinv dengan nilai *RMS Error* sebesar 8.2% dan menggunakan iterasi sebanyak 5 kali. Nilai resistivitas dari penampang ditunjukkan dengan menggunakan kontur warna, kontur warna bervariasi dari biru tua hingga ungu yang mewakili nilai resistivitas kecil ($0.5 \Omega\text{m}$) untuk warna biru tua hingga nilai resistivitas besar (lebih dari $146 \Omega\text{m}$) untuk warna ungu. Penampang didominasi oleh warna orange dengan nilai resistivitas $30 - 70 \Omega\text{m}$ yang terdapat pada elevasi diatas -0.5 meter.

4.1.4 Analisa Data Lintasan 4

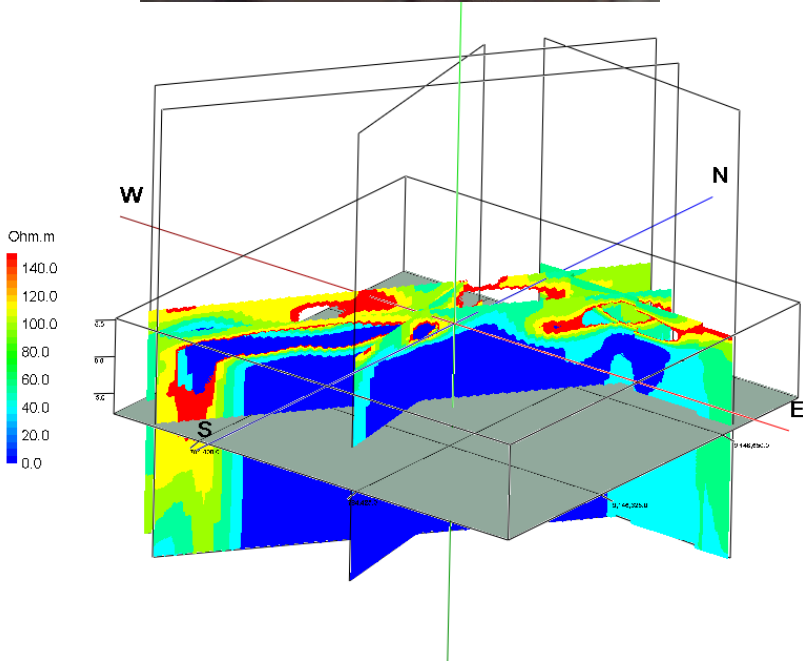
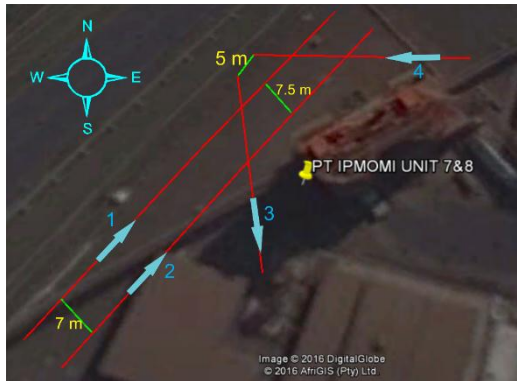
Pengukuran lintasan 4 dilakukan berpotongan dengan lintasan 1 dan 2 yang dilakukan pada koordinat titik awal 784412.62 m E dan 9146655.80 m S hingga titik akhir 784448.65 m E dan 9146653.16 m S . Pengukuran dilakukan menggunakan spasi elektroda 1 m dengan elektroda sebanyak 36 sehingga didapatkan bentangan 34 m . Konfigurasi yang digunakan Wenner-Schlumberger dengan 14 variasi n dan n terdalam yaitu $a=14$ dan $n=2$ (Schlumberger) sehingga menurut Loke, 2015 didapatkan target kedalaman pengukuran hingga 6.475 m .



Gambar 4.4 Penampang hasil pengolahan RES2Dinv lintasan 4

Gambar 4.4 merupakan penampang hasil pengolahan data lintasan 3 dengan menggunakan RES2Dinv dengan nilai *RMS Error* sebesar 8.2% dan menggunakan iterasi sebanyak 5 kali. Nilai resistivitas dari penampang ditunjukkan dengan menggunakan kontur warna, kontur warna bervariasi dari biru tua hingga ungu yang mewakili nilai resistivitas kecil ($0.5 \Omega\text{m}$) untuk warna biru tua hingga nilai resistivitas besar (lebih dari $146 \Omega\text{m}$) untuk warna ungu. Penampang didominasi oleh warna orange dengan nilai resistivitas $30 - 70 \Omega\text{m}$ yang terdapat diatas elevasi yang bervariasi dari -0.5 hingga -1.5 menurun dari jarak meter 0 hingga meter 36.

Pada Gambar 4.5 merupakan tampilan *cross-section* dari lintasan pengukuran resistivitas pada bagian bawah dan desain akuisisi pada bagian atas. Penampang ini digunakan untuk melihat korelasi antar lintasan yang berpotongan dengan nilai resistivitasnya. Pada gambar ditunjukkan dengan skala warna dari warna biru tua hingga merah dengan nilai resistivitas biru tua adalah $0 \Omega\text{m}$ dan merah adalah $150 \Omega\text{m}$. Kedalaman dari gambar terdapat pada sumbu z yang memiliki elevasi dari permukaan/ 4.5 MDPL hingga terdalam 5.5 MDPL . Dari tiap lintasan terlihat adanya korelasi nilai resistivitas dari lintasan yang berpotongan.



Gambar 4.5 Penampang *cross-section* hasil pengolahan data resistivitas

Pada sub bab ini apabila gambar tidak terlihat atau tidak jelas dapat melihat Lampiran 5, Lampiran 6 dan Lampiran 9.

4.2 Analisis Data Pasang Surut

Data pasang surut didapatkan dari pengunduhan data sekunder dari Website untuk Pulau Karangmas dan Pasuruan yang keduanya terletak pada Selat Madura. Data yang diunduh merupakan data dari alat pemantau pada Pulau Karangmas dan Pasuruan dikarenakan pada daerah PAITON tidak terdapat alat pemantau pasang surut. Data yang didapatkan berupa data waktu dan ketinggian pasang surut dan koefisien pasang surut. Untuk tujuan analisis data ini digunakan data waktu dan ketinggian pasang surut saja.

Tabel 4.1 Data Pasang Surut Pasuruan, Selat Madura

Mei	Pasang Surut (m)			
	Pasang 1	Pasang 2	Pasang 3	Pasang 4
3	1.9	1.4	2.5	0.6
4	1.9	1.5	2.3	
5	0.7	2	1.4	2.3
6	0.7	2.1	1.3	2.2
7	0.8	2.2	1.1	2.1
8	0.8	2.3	0.9	2.1
9	0.9	2.4	0.8	2.1
10	0.9	2.5	0.7	2.1
11	1	2.6	0.6	
12	2	1	2.6	0.6
13	2	1.1	2.7	0.6
14	1.9	1.2	2.7	0.6
15	1.9	1.3	2.6	0.7
16	1.8	1.3	2.6	0.7

Berdasarkan Dronkers, 1964 dan data yang didapatkan, dapat disimpulkan bahwa pada daerah penelitian memiliki tipe pasang surut campuran. Dikarenakan terjadi pasang surut diurnal dan pasang surut semi-diurnal yang terlihat pada Tabel 4.2, terdapat beberapa tanggal yang memiliki 2 “pasang” yang menunjukkan tipe pasang surut diurnal dan memiliki 4 “pasang” yang

menunjukkan tipe pasang surut semi-diurnal. Dari Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 terdapat data berupa tanggal perekaman dari tanggal 3-16 Mei 2017 dan waktu perekaman yang dibagi menjadi 4 pasang, pasang 1 pada rentang waktu tengah malam, pasang 2 pada rentang waktu tengah malam-pagi, pasang 3 pada rentang waktu pagi-sore dan pasang 4 pada rentang waktu sore sampai malam.

Dari Tabel 4.1 dengan melakukan pengolahan menggunakan *Microsoft Office Excel* didapatkan data Muka Air Tinggi/ HWL sebesar 2.7 m sedangkan Muka Air Rendah/ LWL adalah 0.6 m. Sehingga untuk data pasang surut pasuruan memiliki tingi pasang surut sebesar 2.1 m pada tanggal 3-16 Mei 2017. Dari data yang diunduh juga terdapat data Muka Air tertinggi/ HHWL yaitu 3.2 m dan Muka Air Terrendah/ LLWL yaitu 0 m.

Tabel 4.2 Data Pasang Surut Pulau Karangmas, Selat Madura

Mei	Pasang Surut (m)			
	Pasang 1	Pasang 2	Pasang 3	Pasang 4
3			1.5	0.3
4			1.4	0.4
5			1.3	
6	0.5	1.1	0.9	1.2
7	0.5	1.1	0.8	1.2
8	0.6	1.2	0.7	1.1
9	0.7	1.3	0.6	1.1
10	0.7	1.4	0.5	1
11	0.7	1.5	0.4	1
12	0.8	1.5	0.4	
13	1	0.8	1.5	0.4
14	0.9	0.8	1.6	0.3
15			1.6	0.4
16			1.5	0.4

Dari Tabel 4.2 dengan melakukan pengolahan menggunakan *Microsoft Office Excel* didapatkan data Muka Air Tinggi/ HWL sebesar 1.6 m sedangkan

Muka Air Rendah/ LWL adalah 0.3 m. Sehingga untuk data pasang surut Pulau Karangmas memiliki tinggi pasang surut sebesar 1.3 m pada tanggal 3-16 Mei 2017. Dari data yang diunduh juga terdapat data Muka Air tertinggi/ HHWL yaitu 2.1 m dan Muka Air Terendah/ LLWL yaitu -0.1 m.

Dari Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 didapatkan bahwa pada Pasuruan memiliki tingkat pasang surut yang lebih besar daripada yang terdapat pada Pulau Karangmas, selain HWL yang lebih besar di Pasuruan, HHWL yang terjadi di Pasuruan juga lebih besar daripada Pulau Karangmas.

Sebagai koreksi keakuratan pengukuran geolistrik berdasarkan pasang surut, dilakukan rerataan dari Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 serta HHWL dan LLWL pada Pasuruan dan Pulau Karangmas untuk mendapatkan koreksi di Paiton. Sehingga setelah dilakukan pengolahan, didapatkan data LLWL sebesar -0.05 MDPL dan HHWL sebesar 2.65 MDPL. Dari rerataan data pasang surut yang ada didapatkan koreksi/ keakuratan berdasarkan pasang surut adalah sebesar ± 1.287 m selama tanggal 3-16 Mei 2017 dan dari rerataan HHWL dan LLWL didapatkan zona pasang surut yaitu sebesar 2.65 m yang dapat digunakan dalam interpretasi data geolistrik.

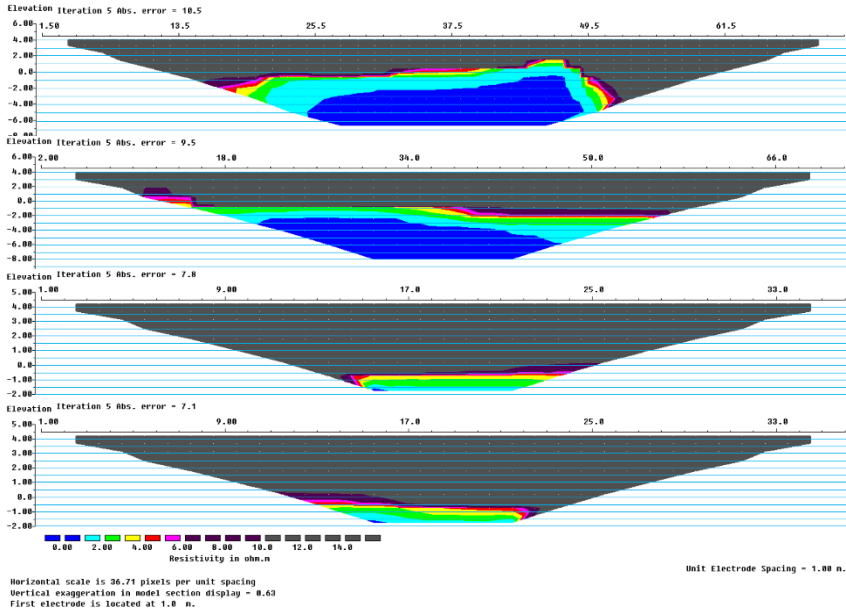
4.3 Pembahasan *Interface*/ Muka Air Laut

Setelah dilakukan koreksi pasang surut pada tiap lintasan penampang resistivitas 2D, dilakukan pengolahan tampilan skala warna sehingga didapat hasil pengolahan RES2Dinv untuk mempermudah dalam interpretasi target terdapat pada Gambar 4.6.

Gambar 4.6 merupakan tampilan hasil pengubahan skala warna pada hasil pengolahan data resistivitas 2D dengan urutan dari atas ke bawah adalah lintasan 1, 2, 3 dan 4. Didapatkan skala baru untuk penampang setiap lintasan dengan warna biru tua untuk nilai resistivitas kecil hingga abu-abu untuk nilai resistivitas besar. Skala warna biru tua dengan resistivitas 0-1 Ω m, warna biru muda dengan resistivitas 1-2 Ω m, warna hijau dengan resistivitas 2-3 Ω m, warna kuning dengan resistivitas 3-4 Ω m, warna merah dengan resistivitas 4-5 Ω m, warna merah muda dengan resistivitas 5-6 Ω m, warna ungu dengan resistivitas 6-10 Ω m dan warna abu-abu untuk nilai resistivitas >10 Ω m.

Berdasarkan Susiyanti, 2013 mengenai hubungan nilai resistivitas dengan nilai keasinan dan TDS sampel air. Didapatkan bahwa nilai resistivitas untuk air laut pada batupasir dan lempung adalah dibawah 4.5 Ω m , sedangkan untuk nilai resistivitas air payau (campuran air asin dan air tawar) pada batupasir dengan sedikit lempung adalah 4.5 - 10 Ω m. Sehingga didapatkan dugaan nilai untuk meninterpretasikan nilai resistivitas batuan yang menjadi *interface* air asin dan air tawar adalah 4 Ω m karena pada lokasi penelitian memiliki litologi lempung

dan batupasir tuffan, batas ini ditunjukkan dengan batas warna kuning dan merah pada Gambar 4.6, dengan lintasan 1, 2, 3 dan 4 berurut dari atas ke bawah.



Gambar 4.6 Hasil pengolahan dengan pengubahan skala warna untuk Interpretasi Interface air laut

Dari Gambar 4.6 pada lintasan 1 yang berarah Barat Daya - Timur Laut didapatkan dugaan *interface* air laut pada lintasan 1 terletak pada elevasi -2 hingga 0 MDPL dengan pola kenaikan dari posisi 16 - 45 m. sedangkan pada 45 -53 m mengalami pola penurunan dari 0 hingga -4.5 MDPL. Sedangkan untuk batas air payau berada diatas *interface* hingga -1 MDPL sampai 1.5 MDPL pada posisi 16-45 m dan diatas *interface* hingga 1.5 MDPL hingga -4 MDPL pada posisi 45-53 m. Sehingga pada lintasan 1 dapat disimpulkan memiliki muka air laut yang naik ke arah timur laut.

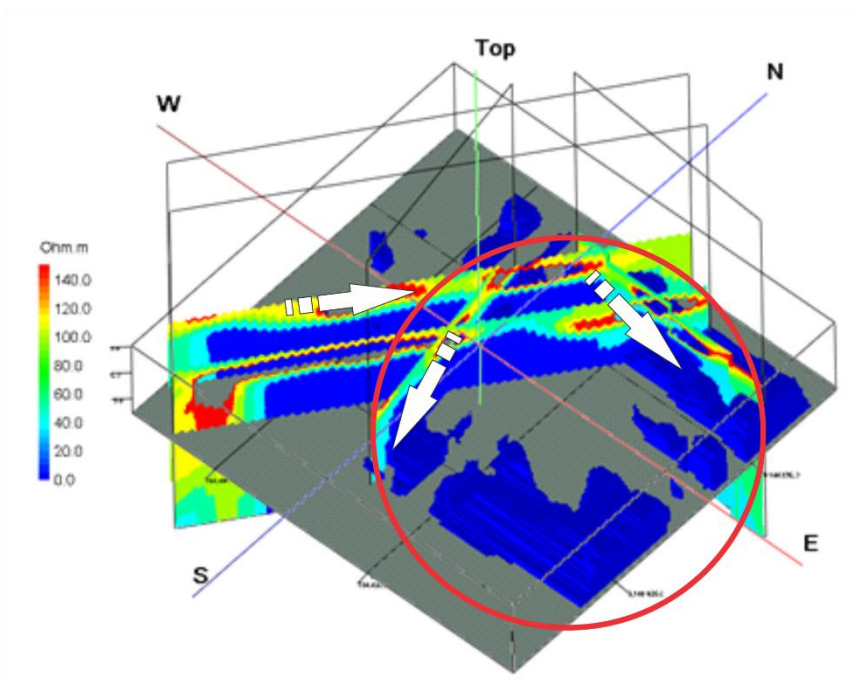
Dari Gambar 4.6 pada lintasan 2 yang berarah Barat Daya – Timur Laut didapatkan dugaan *interface* air laut pada lintasan 2 terletak pada elevasi 0 hingga -1 MDPL. Sedangkan untuk batas air payau berada diatas *interface* hingga 2 MDPL hingga -1 MDPL dengan pola penurunan pada posisi 15-56 m. Sehingga pada lintasan 2 dapat disimpulkan memiliki muka air laut yang relatif datar.

Dari Gambar 4.6 pada lintasan 3 yang berarah Utara – Selatan didapatkan dugaan *interface* air laut pada lintasan 3 terletak pada elevasi -01 MDPL, sedangkan untuk batas air payau berada diatas *interface* hingga -0.5 MDPL

hingga 0 MDPL dengan pola kenaikan dari 15 - 24 m. Sehingga pada lintasan 3 dapat disimpulkan memiliki muka air laut yang naik ke arah selatan.

Dari Gambar 4.6 pada lintasan 4 yang berarah Timur – Barat didapatkan dugaan *interface* air laut pada lintasan 4 terletak pada -0.5 MDPL sampai -1.5 MDPL sedangkan batas air payau berada diatas interface hingga 0 MDPL sampai -1 MDPL dengan pola penurunan dari 15 - 24 m. Sehingga pada lintasan 4 dapat disimpulkan memiliki muka air laut yang naik ke arah timur.

Pada lintasan 1 didapatkan dugaan *interface* air laut yang memiliki elevasi 1.5 MDPL. Hal ini dapat terjadi dikarenakan pengukuran resistivitas yang dilakukan pada tanggal 3 Mei 2017 (lintasan 1) terhenti oleh adanya hujan yang lebat selama ± 3 jam dan pada malam hari juga terjadi hujan. Sehingga pengukuran dilanjutkan pada hari selanjutnya dimulai dari n-3 dan karena bercampurnya air hujan dengan air laut yang berada pada bawah permukaan menyebabkan bertambahnya kandungan air pada lintasan 1 yang berakibat pada pengintepretasian muka air laut yang terlihat naik pada jarak 30-50 m pada lintasan 1 yang terlihat dari nilai resistivitas penampang 2D.



Gambar 4.7 Hasil pengolahan data 3D dengan nilai resistivitas dibawah 4 Ω m

Gambar 4.7 merupakan penampang 3D hasil pengolahan data resistivitas yang memiliki nilai resistivitas dibawah 4.5 Ωm . Nilai resistivitas ditunjukkan dengan adanya warna pada penampang, pada skala warna dengan warna biru tua hingga merah terlihat batasan nilai resistivitas 0 Ωm pada warna biru tua dan 150 Ωm pada warna merah. Dari hasil pengolahan, didapatkan bentuk 3D pada gambar yang berwarna biru tua yang merupakan lapisan dengan resistivitas dibawah 4 Ωm terlihat memiliki kenaikan arah ke daerah timur (lintasan 4) dan selatan (lintasan 3) dan timur laut (lintasan 1) dengan dominasi pada arah timur dan selatan yang berarah ke tenggara, pada gambar ditunjukkan dengan lingkaran berwarna merah dan tanda panah putih yang menunjukkan kenaikan dari muka air laut. Dari hasil pengolahan ini semakin membuktikan bahwa kenaikan muka air laut dan intrusi air laut ditemukan berarah ke tenggara dari daerah penelitian.

Berikut pada Tabel 4.3 merupakan simpulan dari pendugaan muka air laut dan air payau (campuran air asin dengan air tanah)

Tabel 4.3 Dugaan muka air laut

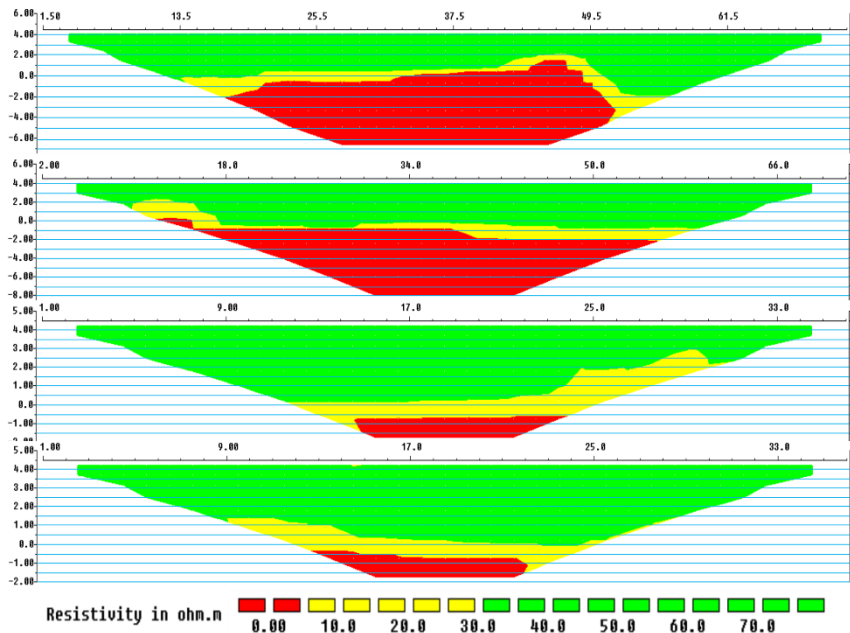
No Lintasan	Jarak Dalam Lintasan (m)	Kedalaman (MDPL)	Keterangan
1	0 – 45	-2 sampai 0	<i>Interface</i>
	45 – 70	0 sampai -4.5	
	0 – 45	-1 sampai 1.5	Payau
	45 -70	1.5 sampai -4	
2	0 – 70	0 sampai -1	<i>Interface</i>
	0 – 70	2 sampai 0	Payau
3	0 – 34.5	-1 sampai -0.5	<i>Interface</i>
	0 – 34.5	-0.5 sampai 0	Payau
4	0 – 34.5	-0.5 sampai -1.5	<i>Interface</i>
	0 – 34.5	0 sampai -1	Payau

Apabila terdapat gambar yang tidak jelas pada sub bab ini, dapat melihat pada Lampiran 10.

4.4 Pembahasan Lingkungan Korosif

Untuk melakukan interpretasi terhadap lingkungan korosif dari penampang bawah permukaan, dilakukan pengolahan ulang pada data resistivitas dengan melakukan pengolahan pada skala warna sesuai dengan Schwerdtfeger, 1964 dan juga dilakukan perhitungan mengenai laju korosi berdasarkan Mubarak, 2017. Sehingga dari hasil pengolahan skala warna sesuai Schwerdtfeger, 1964 didapatkan penampang sesuai dengan Gambar 4.8.

Gambar 4.8 merupakan hasil pengubahan skala warna sesuai Schwerdtfeger, 1964 pada penampang nilai resistivitas yang digunakan untuk menginterpretasi lingkungan korosif dari lokasi pengukuran yang berurut dari atas ke bawah merupakan lintasan 1, 2, 3 dan 4. Dari penampang terlihat bahwa pada skala warna merah merupakan batuan dengan nilai resistivitas dibawah 5 Ωm yang merupakan lingkungan yang sangat korosif dengan laju korosi pada zona ini dapat mencapai 11 *mils/yr* atau setara 0.289 mm/th, sedangkan pada skala warna kuning yang mewakili nilai resistivitas 5 - 30 Ωm yang merupakan lingkungan yang sedang tingkat korosivitasnya dan memiliki laju korosi mencapai 4.2 *mils/yr* atau setara 0.107 mm/th, dan pada skala warna merah mewakili nilai resistivitas diatas 30 Ωm yang merupakan lingkungan yang memiliki tingkat korosivitas ringan dan memiliki laju korosi sebesar 2.2 *mils/yr* atau setara 0.056 mm/th.

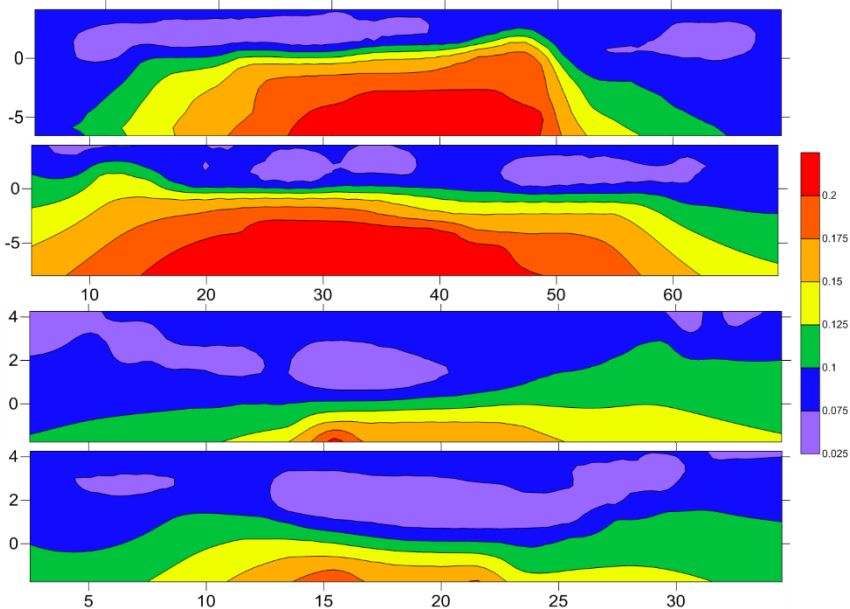


Gambar 4.8 Hasil pengolahan dengan pengubahan skala warna untuk interpretasi lingkungan korosif

Pola warna pada interpretasi lingkungan korosif hampir sama dengan pola pada *interface* air laut dengan tingkat korosi tinggi ditunjukkan pada bawah *interface* air laut dan air tawar (terdapat pada elevasi 0 hingga -2 MDPL). Dengan dominasi pada -0.5 MDPL. Lingkungan korosif tinggi terdapat pada zona air

payau dan lingkungan korosif ringan terdapat pada batuan dengan bebas fluida terutama air (terdapat pada elevasi 1 MDPL keatas).

Selain dengan menggunakan pengubahan skala warna seperti pada Gambar 4.8, dapat pula digunakan data laju korosi yang didapatkan dari pengolahan data geolistrik dan persamaan 2.25 sehingga didapatkan Gambar 4.9



Gambar 4.9 Penampang laju korosi dari hasil pengolahan data geolistrik

Gambar 4.9 merupakan penampang laju korosi pada lintasan 1, 2, 3 dan 4 berurut dari atas ke bawah. Penampang memiliki kisaran warna dari warna hijau hingga orange yang memiliki laju korosi terkecil pada warna hijau yaitu 0.0316 mm/th dan warna orange yang memiliki laju korosi terbesar yaitu 1 mm/tahun. Pada lintasan 1 dan 2 terlihat bahwa pada daerah penelitian memiliki laju korosi sebesar 1 mm/th pada kedalaman dibawah -7 MDPL. Laju korosi sebesar 0.316 mm/th terjadi pada kedalaman -7 hingga -3 MDPL dan laju korosi <0.316 mm/th terjadi pada kedalaman -3 MDPL hingga permukaan. Pada lintasan 3 dan 4 terlihat laju korosi sebesar 0.316 terjadi pada kedalaman -1.5 MDPL kebawah dan laju korosi <0.316 terjadi pada kedalaman -1.5 MDPL hingga permukaan.

Tabel 4.4 merupakan hasil interpretasi lingkungan korosif berdasarkan Gambar 4.6, Gambar 4.8, Gambar 4.9 dan geologi regional yang berisi elevasi dan litologi berdasarkan interpretasi geolistrik dan dugaan laju korosi serta

korosivitasnya. Didapatkan zona korosivitas tertinggi yaitu 0.289 mm/th hingga 1 mm/th terdapat pada elevasi dibawah -1.5 MDPL yang merupakan zona air asin yang terdapat pada litologi lempung dan baturpasir tuffan dengan nilai resistivitas dibawah 4 Ω m. Zona korovisitas sedang dengan laju korosi 0.107 mm/th hingga 0.316 mm/th terdapat pada elevasi -1.5 hingga 2 MDPL yang merupakan zona air payau dengan litologi pasir tuffan, kerikil, lempung dan sedikit kerakal basalt dengan nilai resistivitas 4-10 Ω m. Dan zona korosivitas rendah kurang dari 0.056 mm/th ditunjukkan pada elevasi diatas 2 MDPL yang merupakan daerah dengan sedikit kandungan air dengan litologi Pasir tuffan, kerikil dan kerakal basalt dengan nilai resistivitas diatas 10 Ω m.

Tabel 4.4 Hasil interpretasi lingkungan korosif dan laju korosi

Elevasi (MDPL)	Litologi	Korosivitas	Laju Korosi (mm/th)	
			Gambar 4.8 (Schwerdfeger)	Gambar 4.9 (Mubarak)
-7; -1.5	Lempung dan baturpasir tuffan (Air Laut)	Tinggi	>0.289	1 – 0.316
-1.5; 2	Pasir tuffan, kerikil, lempung terdapat kerakal basalt (Air Payau)	Sedang	0.107	0.316 – 0.0316
2; 4.5	Pasir tuffan, kerikil dan kerakal basalt	Ringan	0.056	<0.0316

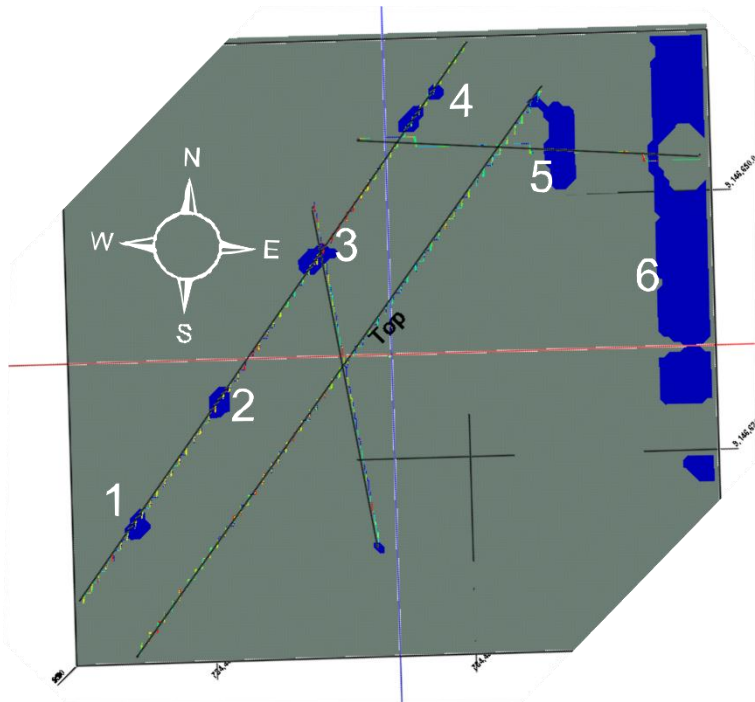
Sehingga terdapat hubungan antara intrusi air laut dan pasang surut dengan korosivitas batuan yaitu tingkat korosivitas batuan akan meningkat apabila terdapat pada zona pasang surut dan zona intrusi, korosivitas tinggi terdapat pada batuan terendam air laut, korosivitas sedang terdapat pada zona air payau dan korosivitas ringan terdapat pada zona kering/ bebas air.

Pada sub bab ini apabila gambar tidak terlihat atau tdak jelas, dapat melihat pada Lampiran 7 dan Lampiran 8.

4.5 Peletakan Anode

Nilai resistivitas tanah dapat digunakan dalam pemilihan tempat peletakan *anode* sehingga proteksi katodik yang dilakukan dapat bekerja secara maksimal. Peletakan *anode* akan lebih optimal apabila diletakkan dibawah dari lokasi penanaman pipa (pada PT IPMOMI terletak pada kedalaman 2.5 m) dan terletak pada tanah dengan nilai resistivitas yang relative kecil, 7-22 Ω m. (Peabody, 2001)

Sehingga dari persyaratan yang telah ada maka dilakukan pengolahan data sehingga didapatkan saran untuk peletakan *anode* seperti pada Gambar 4.10



Gambar 4.10 Peletakan anode dengan hasil pengolahan data resistivitas

Gambar 4.10 merupakan hasil pengolahan tampilan 3D tampak atas dengan menggunakan data resistivitas yang sudah terfilter sesuai dengan persyaratan peletakan anode, tampilan ini merupakan pemilihan dari 3 kedalaman yang sudah dilakukan filter nilai resistivitas. Terdapat 6 kemungkinan tempat apabila digunakan filter yang terdapat pada lintasan 1, lintasan 4 dan terdapat pada luar daerah lintasan yang ditunjukkan dengan nomor 6. Pada nomor 6 tidak direkomendasikan karena data resistivitas pada nomor 6 merupakan data hasil ekstrapolasi yang digunakan dalam pemodelan 3 dimensi. Sehingga tempat peletakan anode yang optimal terdapat pada nomor 1, 2, 3, 4 dan 5.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut

1. Pada lokasi penelitian didapatkan muka air laut yang berada pada elevasi -1 MDPL hingga -2 MDPL, kecuali pada lintasan 1 yang terdapat pada elevasi -1 MDPL hingga 1.5 MDPL. Intrusi dan muka air laut terjadi mengarah ke Tenggara
2. Laju Korosi Sangat Tinggi (>0.103 mm/th) terdapat pada zona air asin yang memiliki litologi lempung dan baturpasir tuffan dengan nilai resistivitas dibawah $4.5 \Omega m$.
3. Laju Korosi Tinggi ($0.107 - 0.079$ mm/th) terdapat pada elevasi -1.5 hingga 2 MDPL yang merupakan zona air payau dengan litologi pasir tuffan, kerikil, lempung dan sedikit kerakal basalt dengan nilai resistivitas 4-10 Ωm .
4. Zona korosivitas ringan (<0.056 mm/th) ditunjukkan pada elevasi diatas 2 MDPL yang merupakan daerah dengan sedikit kandungan air dengan litologi Pasir tuffan, kerikil dan kerakal basalt dengan nilai resistivitas diatas 10 Ωm .
5. Intrusi air laut dan pasang surut sangat berpengaruh terhadap lingkungan korosif

5.2 Saran dan Manfaat

Dari penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang dapat dilakukan agar penelitian baik yaitu

1. Pengukuran data dan monitoring mengenai zona korosi dan zona pasang surut lebih baik dibuat sebuah sumus tes pada lokasi penanaman pipa.
2. Untuk efektivitas desain penanaman pipa dan lokasi penanaman *anode* sebaiknya disesuaikan dengan lingkungan korosif. Misal pada lokasi pengukuran dilakukan pemasangan *Anode* pada :
 - Lintasan 1 meter ke 10, 20, 35 dan 50 m.
 - Lintasan 4 meter ke 20 m.
3. Pengukuran nilai resistivitas lebih baik dilakukan pada saat rentang waktu pasang-surut tertinggi sehingga didapatkan zona korosi tertinggi dari tiap titik, karena pada penelitian dilakukan pada saat pasang-surut sedang/ tidak terlalu tinggi.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

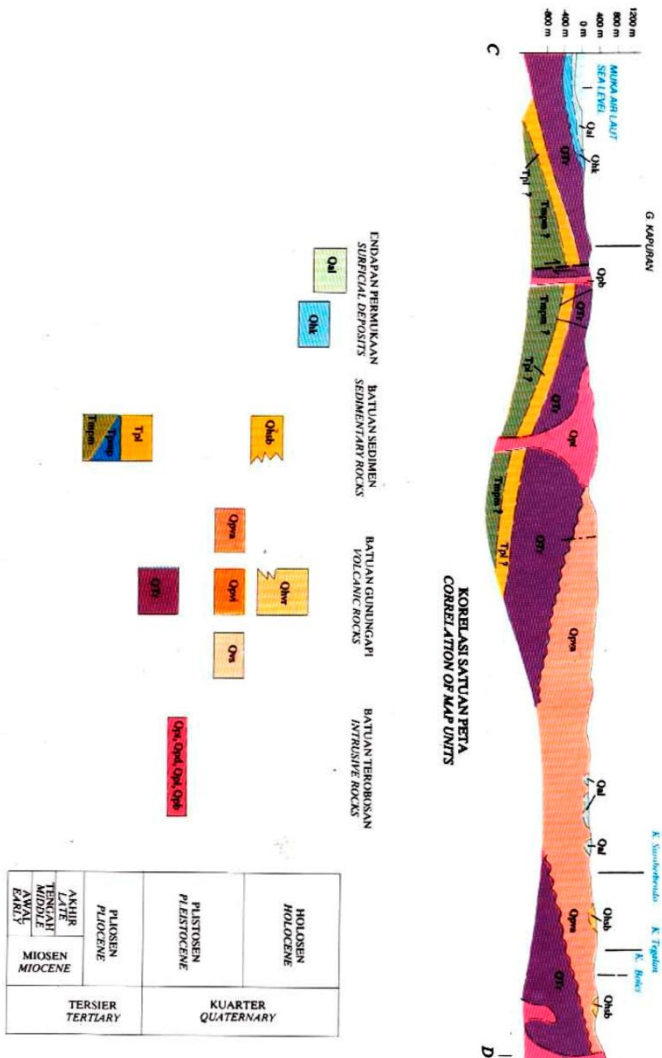
Daftar Pustaka

- Adi, Syafri dkk. 2013. Penggunaan Metode Geolistrik Untuk Pemodelan Distribusi Intrusi Air Laut di Daerah Pesisir Kota Bandar Lampung. Universitas Lampung. Jurusan Teknik Sipil
- Advanced Geosciences, Inc. 2011. *Instruction Manual for SuperSting Earth Resistivity, IP & SP System*. Austin, Texas
- Ahmad, Zaki. 2006. *Principle of Corrosion Engineering And Corrosion Control*. Elsevier Science & Technology Books
- Apello, C.A.J dan Postma, D. 1996. *Geochemistry Groundwater and Pullution*. Rotterdam, AA, Balkema.
- A, W Peabody. 2001. *Peabody's Control of Pipeline Corrosion*. 2nd Ed. NACE International. ISBN1-57590-092-0
- Cathodic Protection and U.S. Air Force Manual 88-9, 2005. Corrosion Control, p. 203.
- Dronkers, JJ. 196. *Tidal Computations in Rivers and Coastal Waters*. North – Holland Publishing Company: Amsterdam.
- Geophysical Consulting and Instrument Services. 2015. Metode Geolistrik Tahanan Jenis. GEOCIS
- Gunawan Pryambodo, Dino dkk. 2016. Identifikasi Akuifer Dangkal di Pulau Terdepan NKRI Dengan Metoda Geolistrik 2D: Studi Kasus Pulau Laut, Kab Natuna. Balitbang KP. Jakarta
- Heri, S. 2003. *Korosi*. Teknik Material dan Metalurgi ITS
- John, Gareth. *Limitations of soil investigations for corrosion assessments of buried steel*. Manchester UK. Intertek CAP-CIS
- KJ Sylus and H Ramesh. 2015. *The Study of Sea Water Intrusion in Coastal Aquifer by Electrical Conductivity and Total Dissolved Solid Method in Gurpur and Netravathi River Basin*. International Conference On Water Resources, Coastal And Ocean Engineering. (ICWRCOE 2015)
- K.R. Tretheway and J. Chamberlain. 1995. *Corrosion for Science and Engineering 2nd*. UK.

- Loke, M.H., and Barker, R.D., 1996, Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections using a quasi-Newton method: *Geophysical Prospecting*, 44, 131–152.
- Loke, MH. 2015. *2-D and 3-D ERT surveys and data interpretation*. Italy. Geotomo Software Pty Ltd
- Mubarak, Hamzah Abdullah. 2017. KAJIAN EKSPERIMENTAL MENGENAI PERMODELAN NUMERIK RESISTIVITAS-KOROSIVITAS. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Ninuk Susiyanti, Haryo Dwito Armono, dan Kriyo Sambodho. 2014. *Intrusi Air Laut Di Akuifer Pantai*. Insitut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Pendowo., H. Samodera., 1997, Peta Geologi Lembar Besuki Jawa Timur, Skala 1 : 100.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Puslitbang Metalurgi-LIPI, 1987. Korosi dan Penanggulangannya.
- Reynolds, J.M., 2011. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. New York:John Willey and Sons.
- Schweitzer . A . Phillip.1987.*Corrosion*.United State of America : Marcell Decker Inc.
- Telford, W.M., L.P. Geldart, , R.E. Sheriff, dan D.A. Keys. 1982. *Applied Geophysic*. London : Cambridge University Press.
- Warnana, Dwa Desa dkk. 2015. Penentuan Area Korosi Tanah Lokal Berdasarkan Resistivitas Tanah Untuk Perancangan Sistem Proteksi Katodik. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Wijaya, AS. “Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner untuk Menentukan Struktur Tanah di Halaman Belakang SCC ITS Surabaya,” . *J. Fis. Indones.*, vol. 19, no. 55, pp. 1–5, 2015.
- Wrykty, Klaus, 1961, *Physical Oceanography of the South East Asian Waters*, Institute Oceanography: California.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Stratigrafi peta geologi lembar Besuki Jawa oleh B Pendowo dan H Samodra, 1997 edisi kedua



Lampiran 2 Datasheet Pengukuran Geolistrik 2D

Lintasan	1	/	2	/	3	/	4	/	5	/	6
Koordinat						Operator					
Longitude	:					Cuaca					
Latitude	:					Tanggal					

No	A	M	N	B	a	n	I		R		Keterangan
1	1	2	3	4	1	1					W
2	2	3	4	5	1	1					W
3	3	4	5	6	1	1					W
4	4	5	6	7	1	1					W
5	5	6	7	8	1	1					W
6	6	7	8	9	1	1					W
7	7	8	9	10	1	1					W
8	8	9	10	11	1	1					W
46	1	3	4	6	1	2					S
47	2	4	5	7	1	2					S
48	3	5	6	8	1	2					S
49	4	6	7	9	1	2					S
50	5	7	8	10	1	2					S
51	6	8	9	11	1	2					S
52	7	9	10	12	1	2					S
53	8	10	11	13	1	2					S
54	9	11	12	14	1	2					S
55	10	12	13	15	1	2					S
56	11	13	14	16	1	2					S
57	12	14	15	17	1	2					S
58	13	15	16	18	1	2					S
89	1	4	7	10	3	1					W
90	2	5	8	11	3	1					W
91	3	6	9	12	3	1					W
92	4	7	10	13	3	1					W

93	5	8	11	14	3	1					W
94	6	9	12	15	3	1					W
95	7	10	13	16	3	1					W
96	8	11	14	17	3	1					W
97	9	12	15	18	3	1					W
128	1	5	6	10	1	4					S
129	2	6	7	11	1	4					S
130	3	7	8	12	1	4					S
131	4	8	9	13	1	4					S
132	5	9	10	14	1	4					S
133	6	10	11	15	1	4					S
134	7	11	12	16	1	4					S
205	1	6	7	12	1	5					S
206	2	7	8	13	1	5					S
207	3	8	9	14	1	5					S
208	4	9	10	15	1	5					S
209	5	10	11	16	1	5					S
210	6	11	12	17	1	5					S
211	7	12	13	18	1	5					S
212	8	13	14	19	1	5					S
213	9	14	15	20	1	5					S
214	10	15	16	21	1	5					S
215	11	16	17	22	1	5					S
457	1	13	19	31	6	2					S
458	2	14	20	32	6	2					S
459	3	15	21	33	6	2					S
460	4	16	22	34	6	2					S
461	5	17	23	35	6	2					S
462	6	18	24	36	6	2					S
463	7	19	25	37	6	2					S
464	8	20	26	38	6	2					S
465	9	21	27	39	6	2					S
466	10	22	28	40	6	2					S

467	11	23	29	41	6	2					S
468	12	24	30	42	6	2					S
469	13	25	31	43	6	2					S
470	14	26	32	44	6	2					S
471	15	27	33	45	6	2					S
472	16	28	34	46	6	2					S
473	17	29	35	47	6	2					S
474	18	30	36	48	6	2					S
475	1	14	27	40	13	1					W
476	2	15	28	41	13	1					W
477	3	16	29	42	13	1					W
478	4	17	30	43	13	1					W
479	5	18	31	44	13	1					W
480	6	19	32	45	13	1					W
481	7	20	33	46	13	1					W
482	8	21	34	47	13	1					W
483	9	22	35	48	13	1					W

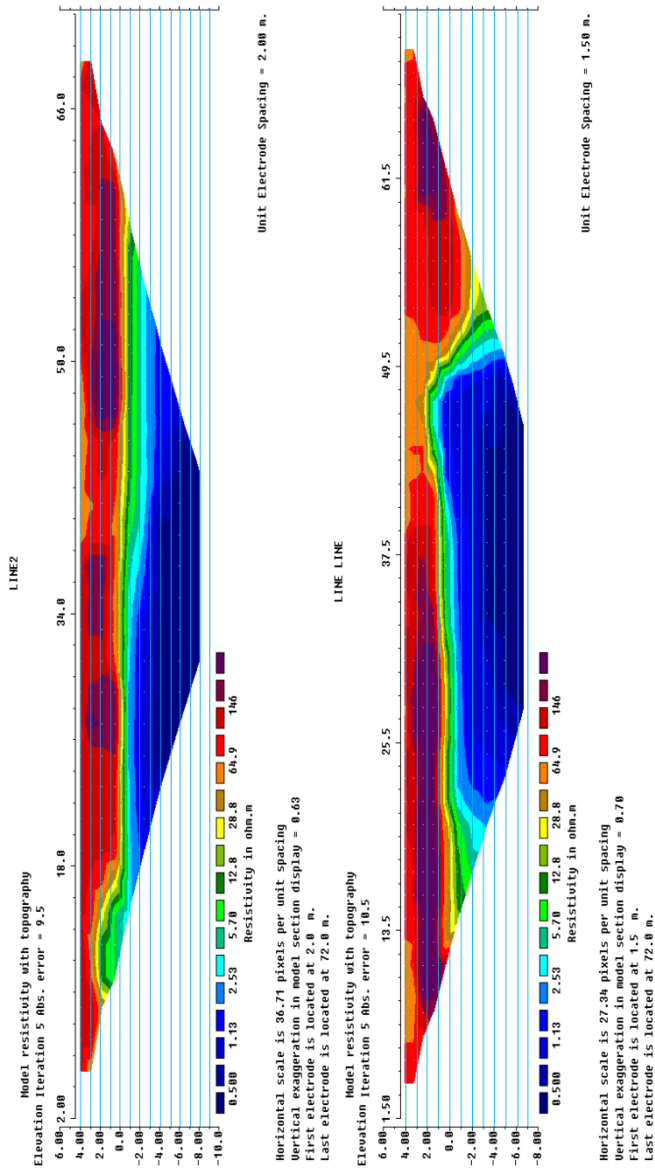
Lampiran 3 Dokumentasi pengukuran geolistrik



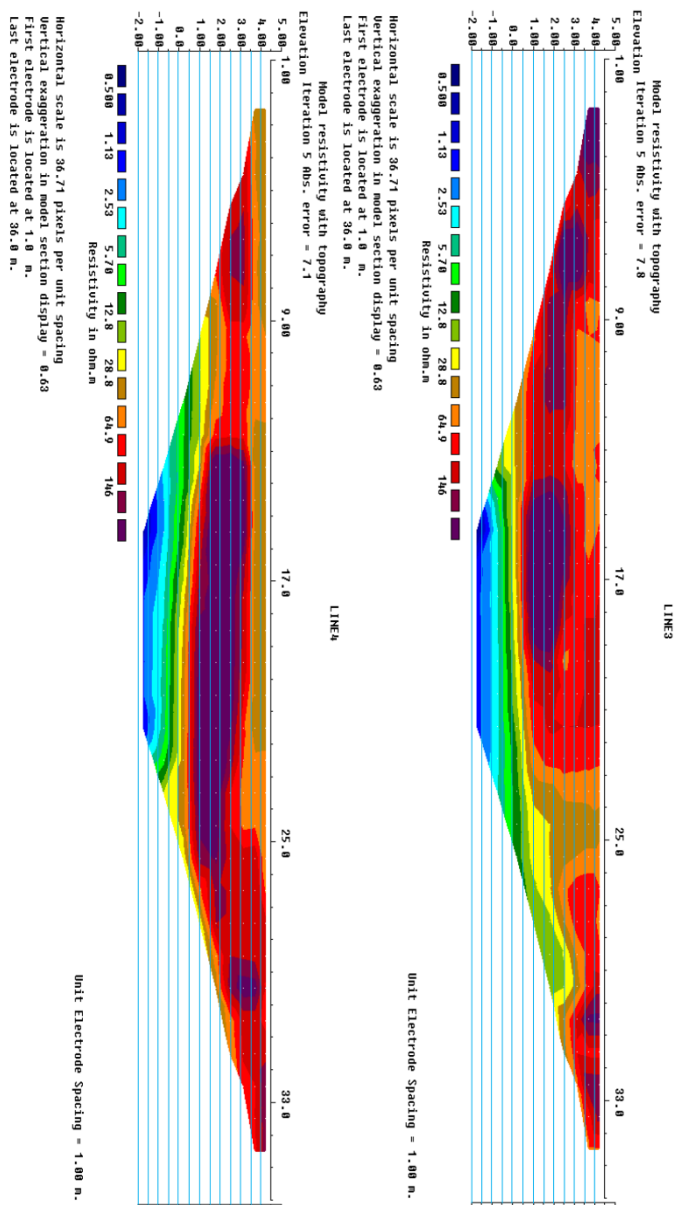
Lampiran 4 Tim pengukuran Tugas Akhir



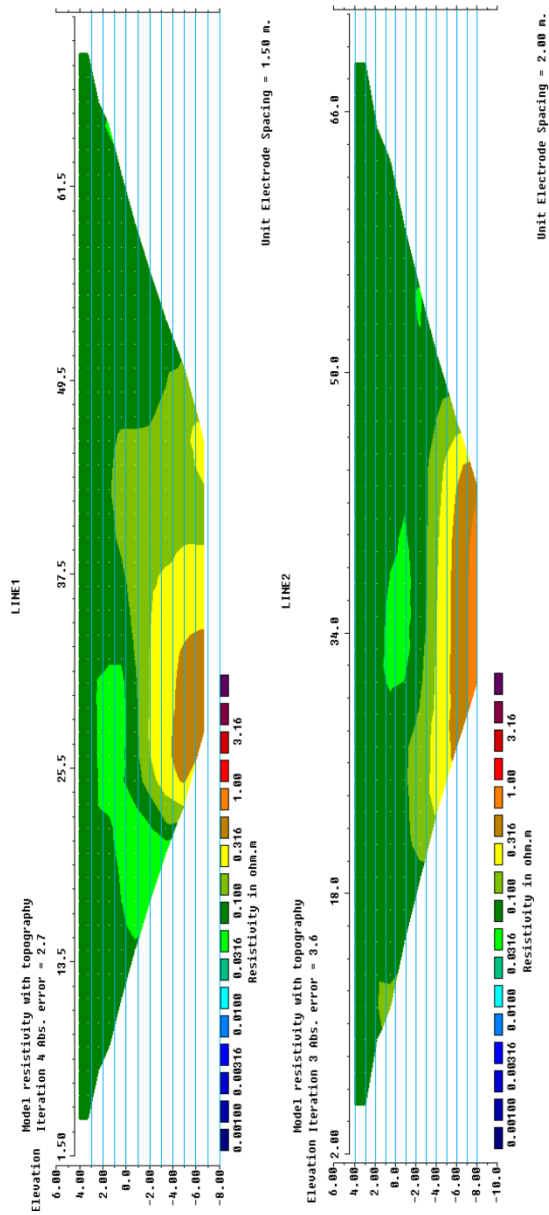
Lampiran 5 Hasil Pengolahan dengan *RES2Dinv* (kiri line2, kanan line 1)



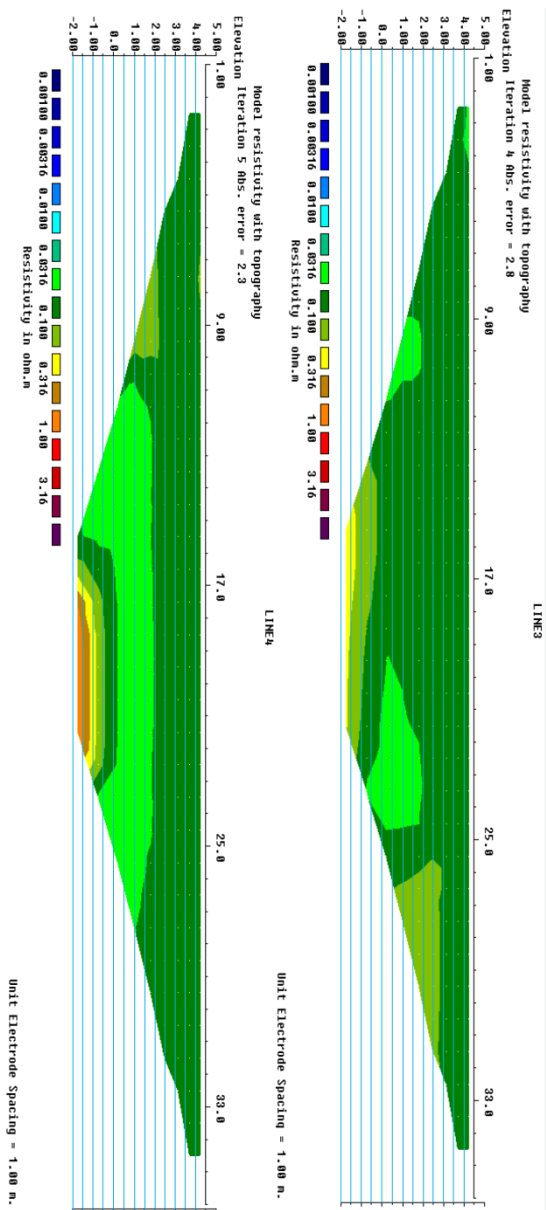
Lampiran 6 Hasil Pengolahan dengan RES2Dinv (kiri line4, kanan line 3)



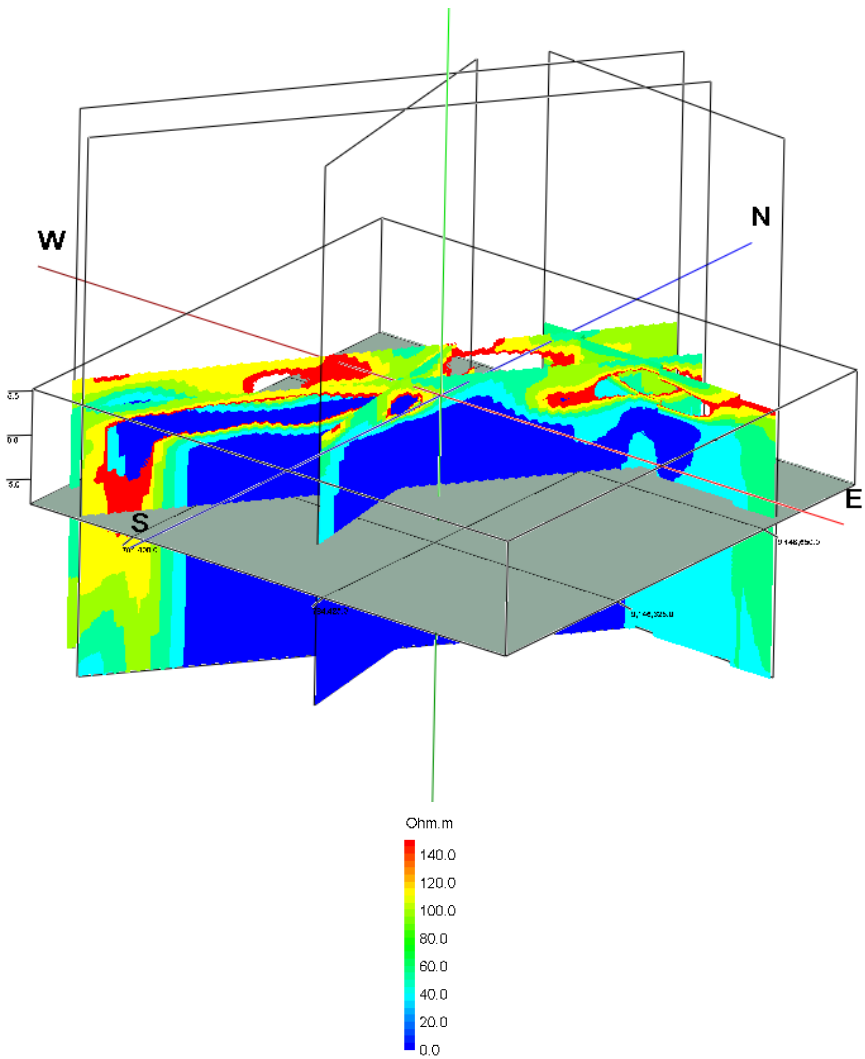
Lampiran 7 Penampang laju korosi dengan RES2Dinv (kiri line 1, kanan line 2)



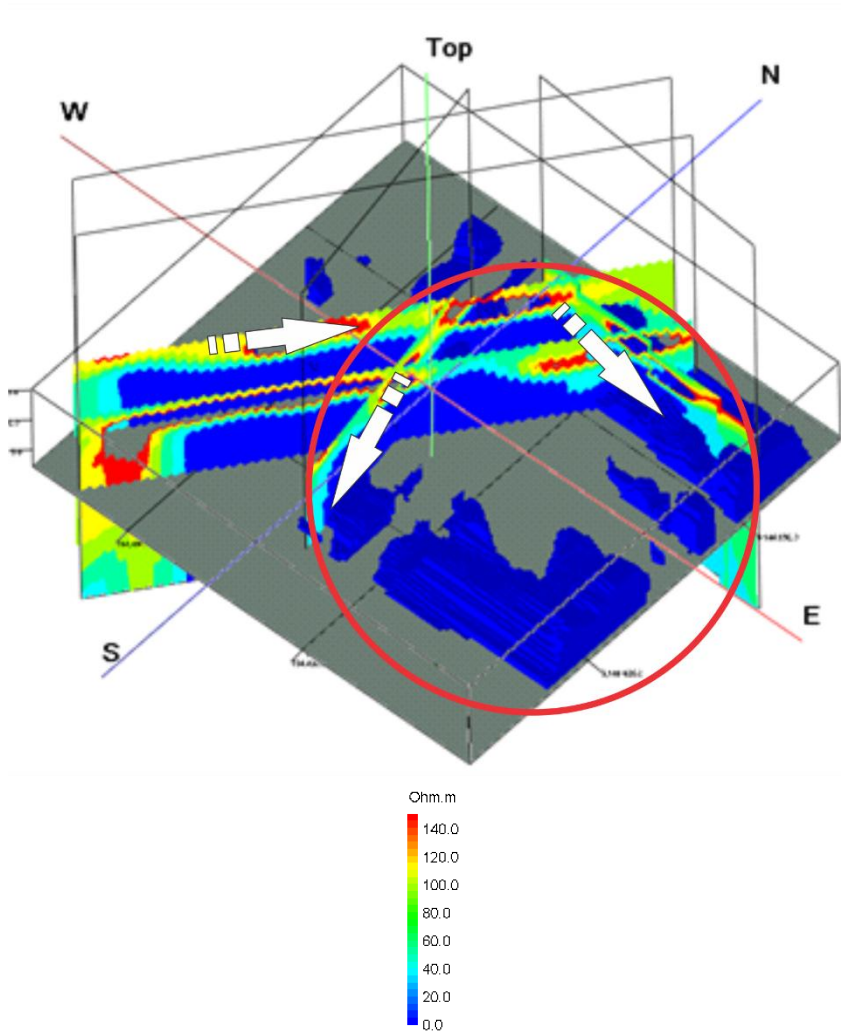
Lampiran 8 Penampang laju korosi dengan RES2Dinv (kiri line 3, kanan line 4)



Lampiran 9 Penampang *cross-section* dari hasil pengolahan data 3D



Lampiran 10 Hasil pengolahan data 3D dengan resistivitas dibawah 4 Ωm



Lampiran 11 Tampilan hasil interpretasi intrusi dan muka air laut

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

TENTANG PENULIS



Rizal Taufiqurrohman lahir di Sragen pada 30 Januari 1996. Penulis menjalani kegiatan sebagai siswa untuk menuntut ilmu sekolah dasar di SDIT Az-Zahra Sragen pada tahun 2002-2008. Menuntut ilmu di SMP Negeri 5 Sragen pada tahun 2008-2011 SMA dan pada tahun 2011 hingga 2013 di SMA Negeri 1 Sragen dengan Jurusan IPA. Hingga akhirnya penulis menuntut ilmu di jenjang perkuliahan di Departemen Teknik Geofisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember mulai tahun 2013.

Selama perkuliahan di Teknik Geofisika ITS, penulis aktif dalam kegiatan kemahasiswaan dalam bidang Minat Bakat seperti Unit Kegiatan Karate-do ITS dan Lembaga Minat Bakat ITS. Penulis menjadi Ketua di UKM Karate-do ITS dan pada tahun keempat yaitu 2016/2017 penulis menjadi Kepala Departemen Internal LMB ITS.

Selain menjadi pengurus aktif dalam organisasi kemahasiswaan, penulis juga beberapa kali mendapatkan prestasi dalam bidang minat bakat, pada Pekan Olahraga Mahasiswa ITS tahun 2015 dan 2017 penulis mendapatkan Juara 2 Kelas Kumite pada Cabang Olahraga Karate. Dan pada tahun 2017 penulis mendapatkan Juara 1 pada kejuaraan Tulung Agung Cup II yang digelar mencakup regional Jawa Timur.

Dalam bidang akademik, penulis menjadi Asisten Petrologi pada tahun 2015 di Departemen Teknik Geofisika dan penulis melaksanakan Kerja Praktek di PPSDM Migas Cepu dengan tema Penanganan Longsor menggunakan Geolistrik.

Untuk informasi lebih lanjut mengenai penulis dapat menghubungi via email pada RizalTaufiqurrohman@gmail.com